

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
EN INGENIERÍA**

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL
SISTEMA DE SOPLADO DE HOLLÍN PARA EL HORNO TV-H1
UBICADO EN LA REFINERÍA ESTATAL DE ESMERALDAS”**

Autor:

SAMPIETRO SAQUICELA JOSÉ LUIS

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Proyecto de Grado titulado “Diseño y Simulación del proceso de Soplado de Hollín para el Horno TV-H1 ubicado en la Refinería estatal de Esmeraldas”, ha sido desarrollado en su totalidad por el señor: Sampietro Saquicela José Luis, y elaborado bajo nuestra dirección como requisito previo para la obtención del Título en Ingeniería Electrónica, automatización y Control.

Sangolquí, 03 de Diciembre del 2008.

Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A todas personas que de una u otra manera colaboraron con la realización del presente proyecto.

A los directores de este proyecto, en especial al, Ing. Hugo Ortiz, quien con sus enseñanzas nos difundió además del conocimiento, los más caros valores éticos y morales.

A los técnicos, personal administrativo y de capacitación de la REE, cuya colaboración fue un pilar fundamental en la culminación del mismo.

José Luis Sampietro Saquicela

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, y a mi abuela, pues son quienes han estado en los buenos y malos momentos, quienes aportaron su paciencia, esfuerzo y dedicación a que pudiese culminar mis estudios universitarios y de manera especial esta tesis de grado. Aquellos que me guiaron por el camino del saber y de la honestidad, razón por la cual les dedico este trabajo.

José Luis Sampietro Saquicela

PRÓLOGO

La automatización industrial, ha ganado un importante espacio en la actualidad, pues su desarrollo ha permitido a las empresas acrecentar sus niveles de rentabilidad y generar mayores utilidades. Esta tendencia, se orienta al aumento de la confiabilidad, exactitud, y eficiencia de las operaciones controladas por la parte técnica.

Ante esta realidad, se ha pensado en automatizar procesos que conlleven la operación de acciones repetitivas para el operador en la planta, de manera que se genere un mayor nivel de seguridad industrial, y un mayor control de los procesos de planta.

La automatización del proceso de Soplado de Hollín para el Horno TV-H1 ha recogido todas las necesidades planteadas por los técnicos de la REE, y de la forma más sencilla, y utilizando las herramientas de la automatización de procesos, ha permitido generar una solución viable como respuesta al planteamiento del problema.

Además se acoge a las necesidades económicas de PETROECUADOR, y plantea una alternativa para el ahorro económico en gastos de mantenimiento y repuestos. Este ahorro se produce, por la reducción en el consumo de combustible y de elementos mecánicos para mantener el proceso en funcionamiento.

La descripción detallada del proyecto, se especifica de manera clara y concisa en el primer capítulo del trabajo, para luego, en los capítulos posteriores, empezar a detallar las características de los procesos, definir sus necesidades y presentar la solución, mediante la simulación de las rutinas computacionales.

Es importante destacar, que el contenido del proyecto de grado, esta orientado a la solución de problemas reales, en empresas como PETROECUADOR que es la más grande generadora de ingresos para el estado en el año 2007 y 2008

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

| | |
|--|---|
| 1.1.- ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2.- OBJETIVOS | 3 |
| 1.2.1.- General | 3 |
| 1.2.2.- Especificos | 4 |
| 1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 4 |
| 1.4.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 7 |

CAPÍTULO 2: SISTEMA DE SOPLADO DE HOLLÍN

| | |
|--|----|
| 2.1.- GENERALIDADES | 10 |
| 2.1.1.- Hollín | 10 |
| 2.1.1.- Sopladores de Hollín | 12 |
| 2.2.- ARQUITECTURA Y FUNCIONALIDAD | 12 |
| 2.2.1.- Presiones de Soplado | 14 |
| 2.2.2.- Ubicación de Sopladores | 15 |
| 2.2.3.- Operación | 17 |
| 2.3.- ELEMENTOS DEL SISTEMA | 18 |
| 2.3.1.- Descripción de elementos | 21 |
| 2.3.1.1.- Electroválvulas | 21 |
| 2.3.1.2.- Clasificación..... | 22 |
| 2.3.1.2.1.- Solenoides de acción Directa..... | 23 |
| 2.3.1.2.1.1.- Diferencial Máximo de Apertura | 24 |
| 2.3.1.2.2.- Válvulas de dos vías..... | 24 |
| 2.3.1.3.-Motores Trifásicos | 27 |
| 2.3.1.3.1.- Partes del Motor | 27 |
| 2.3.1.3.2.- Motor con Jaula de Ardilla | 28 |
| 2.3.1.3.2.- Motor con Rotor Bobinado | 29 |
| 2.3.1.4.- Fusibles | 29 |
| 2.3.1.5.-Relés | 31 |
| 2.3.1.5.1.- Relé Térmico..... | 33 |
| 2.3.1.5.2.- Relé Temporizador..... | 35 |
| 2.3.1.5.2.1.- Formas de Operación | 35 |
| 2.3.1.6.-Pulsadores | 35 |
| 2.3.1.6.-Contactores | 36 |
| 2.3.1.8.-Arco Eléctrico | 38 |

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

| | |
|--|----|
| 2.3.1.8.1.- Procedimiento para su extinción..... | 38 |
| 2.3.1.8.2.- Subdivisión del Arco..... | 39 |
| 2.3.1.8.3.- Enfriamiento del Arco..... | 39 |
| 2.4.-PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SOPLADOR | 39 |
| 2.4.1.- Inicio del soplado | 39 |
| 2.4.2.- Etapa de Control | 40 |
| 2.4.3.- Resumen de la secuencia de soplado | 44 |
| 2.4.5.- Señales luminosas | 45 |
| 2.4.6.- Etapa de Potencia | 45 |
| 2.5.- HORNOS, GENERALIDADES Y ARQUITECTURA | 46 |
| 2.5.1.- Diseño bajo normas | 47 |
| 2.5.2.-Horno TV-HI | 48 |
| 2.5.2.1.- Diagrama general del Horno | 51 |
| 2.5.2.2.- Diagrama de distribución del Horno | 51 |
| 2.6.- ELEMENTOS DEL HORNOS | 55 |
| 2.6.1.-Quemadores | 56 |
| 2.6.1.1.- Características de los Quemadores | 57 |
| 2.6.1.2.- Mecanismo de Combustión | 58 |
| 2.6.1.2.1.- Características..... | 58 |
| 2.6.1.3.- Quemadores de Fuel Oil | 59 |
| 2.6.1.3.1.- Atomizador de Chorro a presión..... | 59 |
| 2.6.1.3.2.- Quemador..... | 59 |
| 2.6.1.4.- Quemadores Combinados | 60 |
| 2.6.1.4.1.- Pilotos a gas..... | 61 |
| 2.6.1.4.1.- Alineamiento del Quemador..... | 61 |
| 2.6.2.-Características de las tuberías | 62 |
| 2.6.3.-Características de los Fans | 62 |
| 2.6.4.-Combustibles | 62 |
| 2.7.-PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO | 63 |
| 2.8.-UBICACIÓN DEL SISTEMA EN LA PLANTA | 65 |
| 2.9.-DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN | 68 |
| 2.9.1.-Cracking Térmico | 68 |
| 2.9.2.-Visbreaking | 70 |
| 2.9.2.1.-Visbreaking para Fuel Oil | 71 |
| 2.9.2.1.-Visbreaking para Gas Oil | 71 |
| 2.9.3.-Transferencia de Temperatura | 72 |
| 2.9.4.-Proceso de Flujo | 73 |
| 2.9.4.-Calidad de productos | 73 |

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SOPLADO DE HOLLÍN

| | |
|---|----|
| 3.1.- REQUERIMIENTOS DE CONTROL | 74 |
| 3.1.1.- Control de Presión | 74 |
| 3.1.2.- Control de Sobrecarga Térmica | 75 |
| 3.1.3.- Avisos luminosos y Alarmas | 75 |
| 3.1.4.- Mando Manual y Automático | 76 |
| 3.1.5.- Control de Sopladores | 76 |
| 3.2.- DISEÑO | 77 |
| 3.2.1.- Sistemas SCADA | 80 |
| 3.2.2.-DCS | 81 |
| 3.2.3.- Ventajas (PLC SCADA/DCS) | 81 |
| 3.2.4.- Comunicación FIELDBUS | 81 |
| 3.2.5.- Comunicación MODBUS | 82 |
| 3.3.- SELECCIÓN DE COMPONENTES | 84 |
| 3.3.1.- Controlador | 80 |
| 3.3.1.1.-Capacidad del Sistema | 84 |
| 3.3.1.2.-Modulos de salida y Entradas del Controlador | 85 |
| 3.3.2.-Interfaz HMI | 87 |
| 3.3.3.-Elementos electromecánicos | 88 |
| 3.4.- PLANOS Y DIAGRAMAS | 90 |
| 3.4.1.-Planos Eléctricos de Control | 90 |
| 3.4.2.- Etapa de Potencia | 92 |
| 3.4.3.- Conexiones del PLC | 92 |
| 3.4.4.- Diagramas de Flujo del proceso | 94 |
| 3.4.4.1.-Diagrama de los Sub Procesos | 97 |

CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE SOFTWARE

| | |
|---|-----|
| 4.1.- LÓGICA DE CONTROL | 99 |
| 4.1.1.- Modo secuencial por default | 105 |
| 4.1.2.- Modo Alternado | 107 |
| 4.2.- INTERFAZ HMI | 111 |
| 4.2.1.- Pantalla de Ingreso | 111 |
| 4.2.2.- Pantalla Principal | 112 |
| 4.2.3.- Ventana B_TV-H1 | 117 |
| 4.2.4.- Ventana ST_BLW | 119 |
| 4.2.5.- Fallas del Sistema | 119 |
| 4.2.5.1.-Falla de Presión | 119 |
| 4.2.5.2.-Falla de Térmica | 120 |

4.2.5.3.-Falla en Válvulas de Control121

CAPÍTULO 5: SIMULACIÓN

5.1.- INTEGRACIÓN DE COMPONENTES123
 5.1.1.- Salidas del PLC123
 5.1.2.- Entradas del PLC124
 5.1.3.- Variables Auxiliares126
5.2.- SIMULACIÓN129
 5.2.1.-Modulos de Entradas Discretas129
 5.2.1.1.-Modo de conexiones129
 5.2.2.-Modulos de Entradas Discretas129
 5.2.3.-Simulación en Modo Secuencial131
 5.2.4.-Simulación en Modo Alternado141

CAPÍTULO 6: PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1.- INTEGRACIÓN DE LAS VENTANAS DE SIMULACIÓN144
 6.1.1.- Ventana B_TV-H1144
 6.1.1.1.- Error en válvulas del sistema146
 6.1.2.- Ventana ST_BLW147
 6.1.3.- Error de Presión del Sistema148
 6.1.4.- Falla de Motores151
 6.1.4.- Uso de Temporizadores152

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1.-PRESUPUESTO REFERENCIAL153
7.2.- ANÁLISIS ECONÓMICO155

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1.- CONCLUSIONES160
8.2.- RECOMENDACIONES162

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.- ANTECEDENTES

En la década de 1920 hasta 1930, la gasolina se producía de manera primaria por la destilación de crudo con un octanaje bajo, por lo que se la reformaba térmicamente para mejorar su rendimiento.

En aquella época otro de los principales productos derivados del petróleo era el Kerosene, con una tasa de producción del 12%, es decir únicamente un 18% bajo la tasa de producción de la gasolina. Sin embargo, se dio el crecimiento de la era automotriz, y la demanda de gasolina supero considerablemente a la demanda de Kerosene y Fuel Oil, dando paso a nuevas múltiples investigaciones, las mismas que basaban su estructura en el rompimiento de las moléculas pesadas de los hidrocarburos, a livianas moléculas para formar gasolinas, mediante su ebullición.

Paso muchos tiempo ante de la utilización de los procesos catalíticos, por lo que con anterioridad esta conversión se la producía sometiendo el crudo a altas temperaturas y altas presiones por largos intervalos de tiempo.

Las primeras unidades de rompimiento molecular fueron las Batch Stills¹, en donde recipientes horizontales se llenaban parcialmente de crudo y los quemadores de fuego directo ubicados en la parte inferior calentaban el recipiente hasta que la conversión se realice. El proceso era sin duda bastante ineficiente y conllevaba a incendios en caso de derrames.

Las Batch Still fueron remplazadas por hornos tubulares, conllevando a mejoras, pero aun se presentaban inconvenientes como el depósito de coke en los tubos, los mismos que se construían para altas presiones y temperaturas. Entonces se vio la necesidad de remover la cantidad de coke controlando o limitando las cantidades de conversión que existían el horno. Sin embargo la eficiencia disminuía y el coke se seguía formando. Antes de 1920 C. P.

Dubs había experimentado con técnicas de secado de crudo, y en uno de sus experimentos encontró que calentando el crudo bajo presión y poniendo el quemador en una cámara, se pudo retirar un residuo del fondo de la cámara y el vapor pudo ser condensado y

¹ Manuales de UOP. 147026, SECCIÓN A.

reciclado de vuelta al horno sin formar coque en su cima. Esta patente engloba el método que trataba de emulsionar el crudo en un tubo de destilación. Las primeras plantas de ruptura térmica fueron de baja capacidad, unidades con un carrete simple, una cámara de reacción y un desflamador.

El reciclamiento hacia el horno se da por flujo de gravedad. La baja capacidad de carga de estas unidades fue de alrededor de 400 barriles por día² y se debieron a las limitaciones de los equipos. Sin embargo los proceos de rompimiento térmico incrementaron la calidad de la gasolina y su octanaje aumento, lo cual permitió el uso de una mayor proporción de compresión y dispositivos más eficientes. En 1928 con el desarrollo de las bombas de aceite caliente y los reactores más grandes, se incremento la capacidad y el precursor de las modernas plantas de rompimiento técnico emergió. En 1932, las primeras maquinas de rompimiento térmico de doble bobina fueron puestas en desarrollo.

Cualquier fracción de crudo de la nafta, obtenida del vacio podía ser procesada térmicamente y siendo posible que estos procesos produzcan fracciones de hidrocarburos derivados de los procesos catalíticos. Posterior a esto, se empezó a usar el rompimiento catalítico. El rompimiento moderado para reducir la viscosidad es usado en la actualidad, debido a su importancia en las técnicas de refinación modernas.

Petroecuador, y su filial, Petroindustrial, en su afán de afianzar la producción de derivados del petróleo, ha emprendido acciones en pro de mejorar el desempeño y funcionamiento, en lo que a operación técnica se refiere, en sus diferentes plantas, entre ellas REE. (Refinería estatal de Esmeraldas).

Una muestra de estas acciones se dio con la ampliación a los 90000 y 110000 barriles diarios de producción. En la primera de ellas, en el año 1984, la empresa TECHIN modificó la estructura del horno TVH1, en la planta de VISBREAKING, para implementaren el, un sistema electromecánico que nos permita retirar las impurezas de la tubería, de modo que su acumulación no represente una perdida económica para la empresa, es ahí donde nacen los Sopladores de Hollín.

La Industria Petrolera ha representado indudablemente uno de los pilares del sistema de gestión financiera a nivel mundial, y en los últimos años su desarrollo en el país ha sido ascendente, convirtiéndose en la base para la evolución económica y social del país.

La automatización ha representado una base fundamental para el perfeccionamiento de la era industrial, pues mediante la implementación de sistemas computarizados y autónomos, se han alcanzado estándares de calidad más elevados, lo que repercute en un aumento de la producción

² Manuales de UOP. 147026, SECCIÓN E.

1.2.- OBJETIVOS

1.2.1.- General

Analizar, Diseñar y Simular un sistema de automatización para el sistema de soplado de hollín del Horno TVH1 ubicado en la REE.

1.2.2.- Específicos

- Analizar el proceso de soplado de hollín en el horno TVH1.
- Analizar el funcionamiento de los sopladores de hollín.
- Estudiar las características de los distintos tipos de dispositivos involucrados en el proceso.
- Analizar los requerimientos de control que permitan incluir las condiciones y restricciones necesarias para un correcto funcionamiento del sistema de soplado de Hollín.
- Ajustar el tiempo de funcionamiento del soplado, según se las necesidades del proceso.
- Analizar los requerimientos de seguridad del Proceso para dimensionar los equipos.
- Desarrollar la lógica de programación utilizando los equipos que se encuentran operativos en la Planta.
- Diseñar la Interfaz HMI que permita el manejo desde la Central de procesos de la REE.
- Analizar y Evaluar las características finales del proceso mediante las pruebas del sistema en un entorno simulado.
- Analizar los beneficios económicos que implican la realización de dicho proyecto.

1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Entre otras las razones de orden técnico y económico que justifican la realización del proyecto, son:

La eliminación del hollín formado en la zona de convección del Horno TVH1, el mismo que perjudica al desempeño del Proceso.

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Flexibilidad al momento de introducir modificaciones, sin necesidad de cambiar el cableado y añadir elementos, de manera que se puede modificar el tiempo de acción de cada uno de los sopladores independientemente.

Mínimo espacio de ocupación, con un menor costo en lo que a mano de obra e instalación se refiere, además de aumentar la fiabilidad del sistema y por ende del proceso, al eliminar contactos móviles.

La inclusión a la automatización del sistema de soplado de Hollín para el horno TVH1, permitirá detectar e indicar averías en el desempeño del proceso, inclusive si el horno quedará fuera de servicio.

Menor tiempo para la puesta de funcionamiento del proceso, al quedar reducido el mecanismo de puesta en marcha del proceso, reflejándose en rapidez, seguridad, capacidad, y fiabilidad.

Se reflejará una mayor eficiencia, con algoritmos de control más sofisticados, lo que se manifestará en mayor precisión en los cálculos, el mismo que usando instrumentación electromecánica resulta muy costoso.

Los cálculos, los resultados y salidas del sistema presentarán la propiedad de invariabilidad, pues el desgaste mecánico e envejecimiento de los materiales es menor.

Se permitirá un proceso de centralización de la información, además de permitir el ingreso de funciones complementarias, como, gestión de alarmas, avisos, y asistencia en la toma de decisiones.

La lista de materiales involucrados en el diseño, se ve sustancialmente reducida, de manera que en la elaboración del presupuesto correspondiente, eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.

Existen considerables razones que denotan la importancia de la realización del proyecto, entre ellas podemos citar:

El correcto funcionamiento del sistema de soplado de Hollín, representa mayor ahorro en el proceso, pues si el Horno presenta residuos, será mayor la cantidad de combustible que se debe usar para alcanzar la temperatura requerida.

Actualmente el manejo del Soplado de Hollín se basa en un sistema electro-mecánico, el mismo que se consta de contactores y relés, por lo que la implementación de un PLC significaría

un ahorro en la economía de mantenimiento en los elementos de control del proceso, además de incrementar el nivel de seguridad del proceso.

El sistema de automatización, permitirá al operador un manejo desde una central de operaciones, permitiendo así, liberarlo de operaciones en la planta, lo cual se refleja en un incremento en el nivel de seguridad industrial de los operadores.

Además de liberarlos de acciones rutinarias como la verificación del estado del Horno, pues el sistema automático decidirá cuando se debe iniciar el ciclo de los sopladores.

Ahorro de tiempo, pues en los paros planificados de planta, se dedicará una menor cantidad de tiempo a la limpieza a la zona de convección del horno, significando de tal manera un ahorro de mano de obra.

El proyecto es escalable, además existe la posibilidad de gobernar varios hornos, como, el horno CH1, CH2, VLH1, TV1H1 y VH1, para tratamientos de crudo y vacío, partiendo del esquema planteado en el desarrollo de software, y utilizando la misma autómatas. Además de presentar las condiciones básicas suficientes para su posterior implementación.

Un buen funcionamiento del sistema de Soplado de Hollín en el horno TVH1, permitirá un mejor desempeño del mismo, aumentando la calidad del producto final en el proceso de VISBREAKING, siendo más preciso.

1.4.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En el presente proyecto, se diseñará un modelo de red industrial de tres niveles, referente a los mismos podemos citar que, en el primer nivel concierne el análisis de Entradas y salidas del Sistema (adquisición de datos), el segundo nivel se relaciona con el controlador, y el tercer nivel hará referencia a la Supervisión (HMI).

La jerarquía de la red industrial se ilustra en la Figura 1.1. La estructura medular del proyecto pretende el análisis, diseño y simulación del sistema de soplado de Hollín para el Horno TVH1 ubicado en la REE de Esmeraldas.

Dentro de la etapa de análisis, se realizará un estudio detallado del proceso de soplado de hollín, y de los elementos que lo componen, de la misma manera que se examinará su operación en el proceso global en el que se encuentra inmiscuido.



Figura 1.1 Niveles de la red Industrial

Se analizará la arquitectura, para la inclusión de un proceso automático, en donde el soplado de hollín se realice cíclicamente, evitando que su tarea afecte el desempeño del Horno TVH1, y evitando además incidentes que pongan en riesgo la integridad del operario y la funcionalidad del proceso.

Dentro de la etapa de diseño, del sistema de automatización, se analizará la ubicación de los elementos a utilizar, los mismos que nos permitan manejar correctamente las señales desde el Bunker central.

Debido a que la ubicación del Bunker central o unidad de DCS, es alejada del proceso, específicamente de la ubicación del horno TVH1, debemos tomar las medidas necesarias para evitar el degradamiento de las señales desde su origen hasta su llegada.

Se presentará además el desarrollo de software, mediante la programación del controlador, que para el caso será un PLC, el mismo que nos permitirá manejar de manera automática los ciclos de los 12 sopladores y su desempeño

El controlador, deberá decidir en base a las señales recibidas de las electroválvulas, Switch de presión y de los requisitos planteados de control, por lo que, estará en la capacidad de repetir el proceso de soplado de hollín en caso de ser requerido, además de definir el orden de cada soplador. También se analizará si es necesario cambiar el tiempo de soplado. No obstante, el sistema además de operar normalmente de forma secuencial, podrá intercambiar el orden del soplado, según se vea la necesidad.

El PLC deberá manejar las electroválvulas e interactuar con las variables de Presión, Flujo y Temperatura. Además, debe recibir e interpretar las señales de los sensores, ubicados en la Planta.

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

En la simulación del proceso, se diseñará una interfaz de usuario que permitirá controlar el proceso de forma centralizada, siendo su función principal el manejo de la operación de los motores, que controlan los sopladores.

La interfaz mencionada debe ser integrada a la red central de procesos, o en su defecto debe ser manejada desde el BUNKER central, en donde son controlados los procesos de la planta. Se incluirá además los diagramas y esquemas eléctricos de los componentes y de su ubicación el proceso y la planta.

CAPÍTULO II

SISTEMA DE SOPLADO DE HOLLÍN

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Hollín

Son partículas sólidas de tamaño muy pequeño en su mayoría compuestas de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de colores oscuros más bien negrizos resultantes de la combustión incompleta de un material (madera, carbón, etc.). Su aspecto es similar a la ceniza pero con un tono más negro. Es común, por ejemplo, encontrar grandes cantidades de hollín en las salidas de combustión de las calderas, y en la zona de convección de los hornos, las cuales, cuando poseen captadores de hollín, pueden almacenar varios metros cúbicos de este material.

Cuando proviene del quemado del combustible diesel, puede contener absorbidos hidrocarburos, compuestos principalmente por lubricantes y combustible sin quemar. Además puede contener otros sólidos como óxidos y sulfatos. El hollín es emitido en todos los procesos que involucran la combustión de materiales carbonáceos.

Los países industrializados consumen grandes cantidades de combustible pero pueden producir menos hollín que países tecnológicamente menos avanzados. El ensuciamiento del banco de tubos de transferencia de calor en calentadores a fuego directo y calderas se produce como resultado de la reacción de combustión, los gases generados contienen cenizas, hidrocarburos no quemados, asfáltenos, y elementos metálicos como vanadio, níquel, sodio y azufre, que al pasar por el serpentín son depositados o incrustados, generando serios problemas de corrosión, erosión y de resistencia al paso de la transferencia de calor. Con el soplado de Hollín, se puede disminuir las pérdidas de energía al aprovechar la energía de los gases de combustión que descargan a la atmósfera. Por lo

que se podrá reducir los costos de operación del calentador por reducción en los consumos de combustible.

2.1.2 Sopladores de Hollín

Los sopladores de hollín, como el indicado en la Figura 2.1, permite limpiar las impurezas y partículas sólidas de las superficies de las tuberías especialmente, mediante el soplado de vapor de agua o aire comprimido a determinada presión, a continuación se detalla los tipos de sopladores existentes.



Figura 2.1 Soplador de Hollín.

a) Soplador de hollín rotatorio

El soplador de hollín rotatorio utiliza un tubo conocido como lanza o elemento soplador que se ubica a lo largo de la longitud del banco de tubos, tiene un número de toberas determinado por el espacio entre tubos y que se encuentra dentro del banco de tubos. El mecanismo accionador, válvulas de admisión y de purga del medio atomizante está colocado en la parte externa del equipo.

La lanza posee un movimiento rotatorio; y mientras gira, la válvula de admisión del medio de soplado se abre automáticamente permitiendo la entrada del fluido de limpieza, el cual se descarga por las toberas para efectuar la limpieza de las superficies, girando 360 grados.

La presión de operación del medio de soplado depende del fabricante, normalmente ésta será como mínimo de 689,476 kPa (100 psig) para aire y de 551,58 a 4 481,59 kPa (80

a 650 psig) para vapor y en algunos modelos especiales hasta 13 789,52 kPa (2000 psig) para vapor.

b) Sopladores de hollín sónicos

Debido a sus consecuencias nocivas a la salud y al medio ambiente son objeto de normas más restringidas y su uso requerirá de una licencia especial de las autoridades correspondientes. También conocidos como trompetas, estos dispositivos generan ondas de alta y baja frecuencia por medio de un diafragma de titanio o acero inoxidable o por medio de una bobina conectada a un convertidor de frecuencia, Estos sopladores necesitan una “presión de sonido” mínima de 130 decibeles para una limpieza efectiva, operan con una frecuencia mínima de 15 mil hertz y emiten un sonido parecido a una trompeta de barco.

c) Sopladores de hollín de tubos de humo

Las calderas de retorno o igneotubulares almacenan hollín y ceniza en el interior de los tubos (fluxes) expuestos a la flama y al calor de los gases de combustión, los cuales son impulsados por el tiro y enviados a la chimenea o al colector de ceniza.

Los sopladores de hollín para calderas de retorno de un paso, consisten de un brazo giratorio o fijo equipado con toberas especiales, espaciadas de tal forma que permiten dirigir el flujo de vapor a la boca de cada tubo, siguiendo el movimiento rotatorio del brazo, el cual es operado desde el frente de la caldera por medio de una polea con cadena, lo que permite un movimiento completo sobre todas las bocas de los tubos, con descargas uniformes de vapor en cada uno de ellos.

La aplicación de los sopladores de hollín es amplia, pudiendo ser utilizados en calentadores a fuego directo, calderas acuotubulares, calderas de tubos de humo, economizadores, sobre calentadores, calderas de recuperación, pre calentadores de aire, calderas igneotubulares. La selección y especificación de la lanza de los sopladores de hollín, depende de la temperatura, y la composición de gases de combustión, ya que de ellos dependerá el tipo de soplador y el material a usarse.

El uso adecuado de los sopladores de hollín es importante para el ahorro de energía del propio combustible que se está utilizando, ya que mantienen libre y limpia la parte exterior de los tubos, de otra manera la incrustación de partículas de coque u hollín provenientes de los gases de combustión genera resistencia al paso de calor por ensuciamiento al fluido que se requiere calentar y disminuye la eficiencia del equipo.

d) Soplador de hollín retráctil

Su operación es análoga al soplador rotatorio, la diferencia es que la lanza se desplaza hacia el interior del equipo con objeto de limpiar las superficies de transferencia de calor, al igual que en el retroceso de la misma.

2.2. ARQUITECTURA Y FUNCIONALIDAD.

Este sistema tiene como característica que la lanza no está permanentemente expuesta a los gases de combustión corrosivos y calientes. Utilizan normalmente sólo una o dos toberas de atomización en la punta o extremo de la lanza.

Los sopladores de hollín retráctiles que utilizan vapor como medio de soplado trabajan con presiones de operación semejantes a las empleadas por los sopladores de hollín rotatorios; sin embargo, debido al diámetro de la tobera se proporciona un radio de barrido que puede alcanzar hasta 3,700 mm (12 pies), lo que implica mayor área de limpieza por soplador.



Figura 2.2 Soplador de Hollín Retractil

Los doce sopladores de Hollín para el Horno TV-H1, perteneciente a la planta de VISBREAKING, como el mostrado en la figura 2.2, son de tipo retráctil, manejados por doce motores trifásicos de corriente alterna, a 460 [V]. Su forma y dimensiones físicas se especifican en la figura 2.3 indicada a continuación.

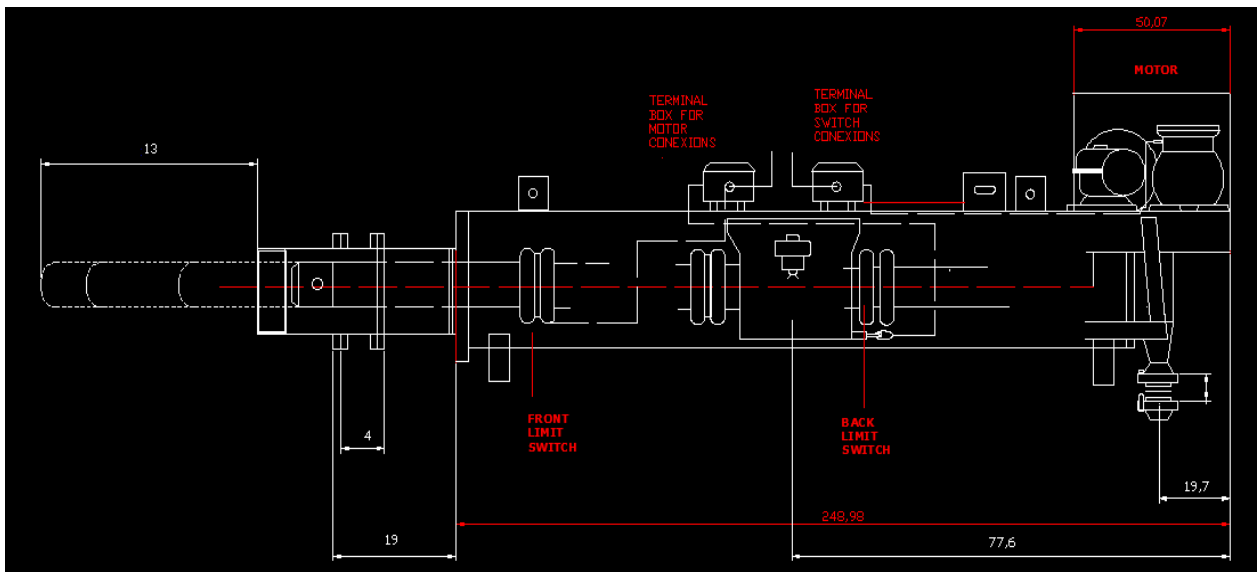


Figura 2.3 Soplador de Hoolín retráctil ubicado en el horno TV-H1

El sistema de soplado de Hollín es realizado durante dos ocasiones en un turno de ocho horas³, y se lo realiza con el Horno TV-H1 en funcionamiento,

2.2.1 Presiones de Soplado

El sistema de distribución de vapor de Agua, viene desde la Planta generadora de Vapor hasta un cabezal de presión de 150 Psig, y se distribuye a los Sopladores como lo muestra la figura 2.4.

³ Datos facilitados por los Técnicos del Área de Instrumentación de la REE.

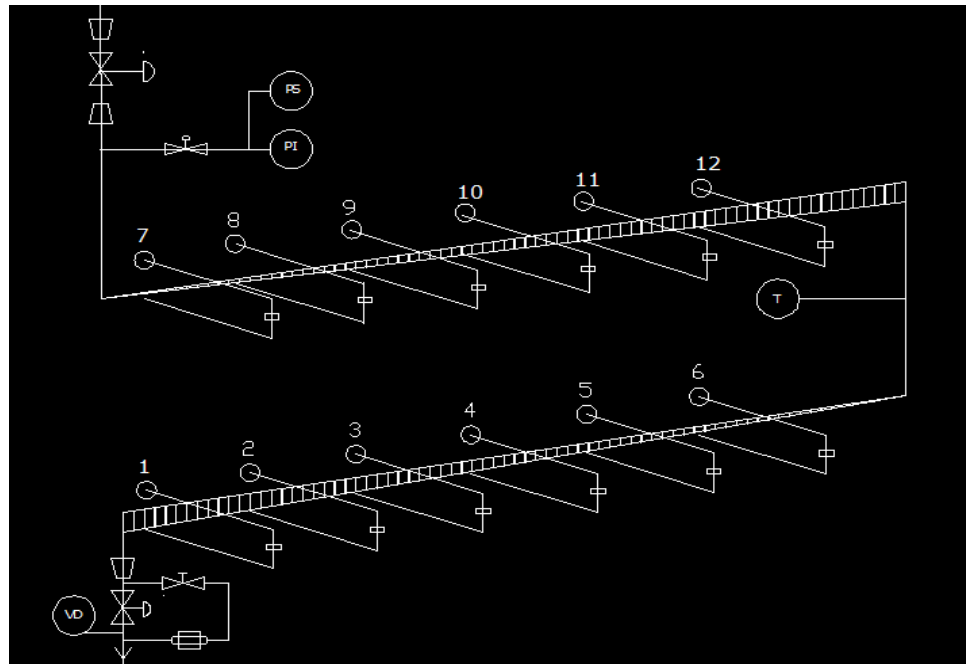


Figura 2.4 Diagrama de Conducción de Vapor

El manómetro de indicación ilustrado en la figura 2.5 tiene un rango entre 0 y 300 psig, “!mientras que la presión del fluido es de 10 bares, o 143 psig aproximadamente, y el Switch de presión esta entre 0 y 15 bares⁴”.

La diferencia de presión entre el cabezal y el elemento soplador se debe a las perdidas que se originan a través de los orificios de estrangulamiento y las respectivas válvulas de los sopladores.



Figura 2.5 Indicador de Presión de la línea

⁴ ECUADORIAN REFINERY PROJECT, JOB 34076, VISBREAKING CHARGE HEATER TV-H1

2.2.2 Ubicación de Sopladores

Una distribución aproximada de la ubicación de los sopladores dentro del horno TV-H1, y la temperatura a la cual se someten cada grupo de seis sopladores se indica figura 2.6.

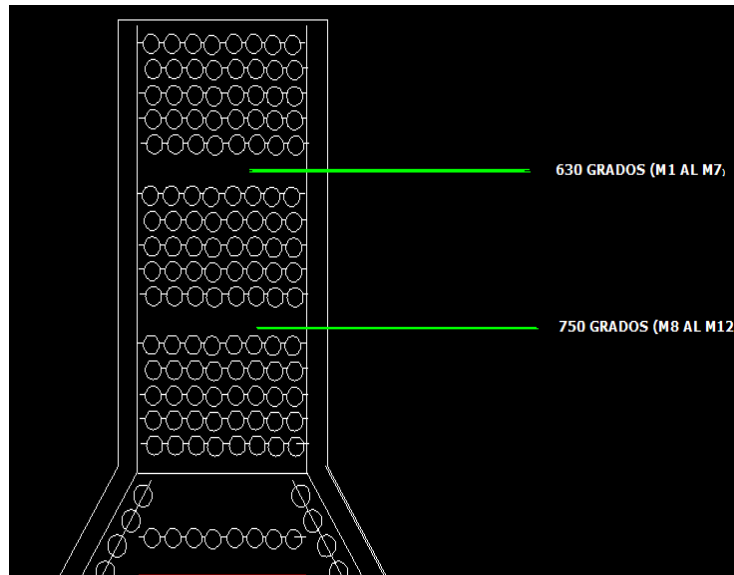


Figura 2.6 Zona de Convección del Horno TV-H1

Mediante un corte frontal en la zona de convección, como el presentado en la Figura 2.7, se pueden observar los doce sopladores que conforman el sistema de soplado de Hollín para el horno TV-H1.

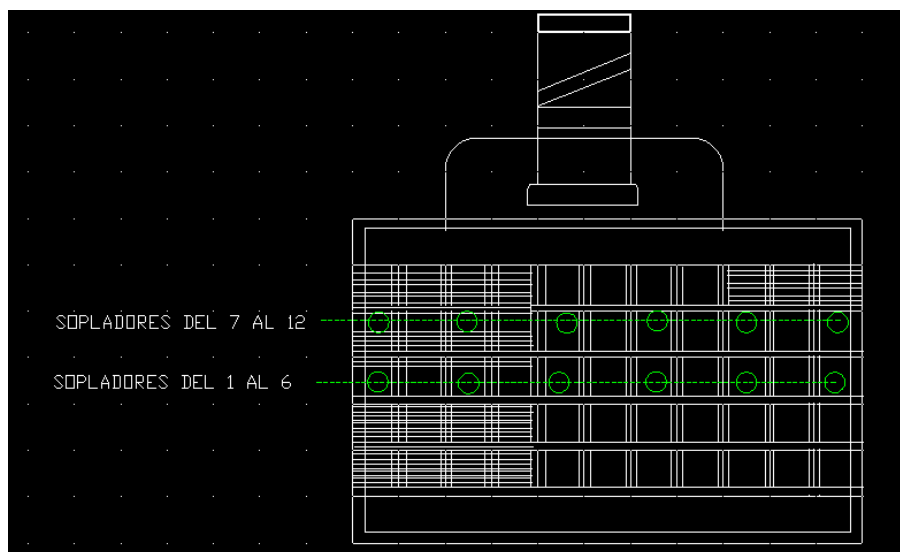


Figura 2.7 Corte frontal a la Zona de Convección del Horno TV-H1

Los círculos que se indican en el diagrama, desde el uno hasta el doce, representan cada uno de los sopladores de hollín en el horno, siendo su distribución en dos grupos de seis, a 2,56 metros uno de otro. Su ubicación se encuentra especificada en la figura 2.7.

“El cálculo⁵ de las mismas se lo realizó según la distribución interna, composición y separación de la tubería del horno”. Actualmente el proceso de soplado de hollín se lo comanda electromecánicamente, desde un panel de control, por lo que más adelante se incluirá el diagrama eléctrico para el control de los sopladores y su funcionamiento.

Resulta importante destacar que los sopladores se encuentran únicamente en la zona de convección del horno, ya que en la zona de radiación del horno la impureza acumulada es el coque, y su limpieza se la debe realizar en frío⁶, mediante el mantenimiento programado con el Horno fuera de servicio. Para verificar lo expuesto, en la figura 2.8 indicaremos la zona de radiación del Horno.

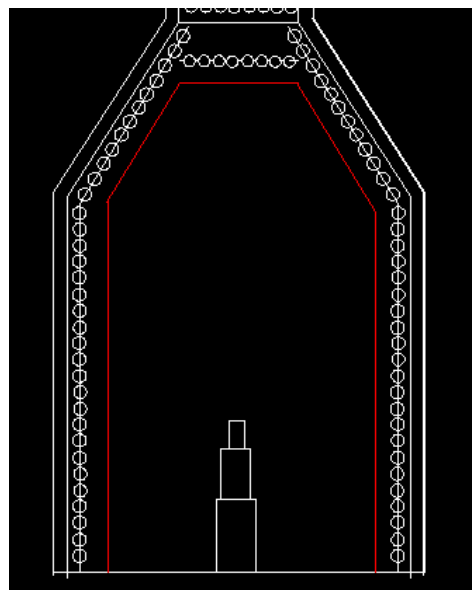


Figura 2.8 Zona de Radiación del Horno TV-H1

2.2.3 Operación.

La funcionalidad de los sopladores de hollín, se basa en mejorar la eficiencia del Horno TVH1, debido a que la acumulación de residuos carbonosos, escorias metálicas y

⁵ CHIYODA, 1987 “proceso de ampliación de la REE a 110000 BCP”

⁶ Temperatura Ambiente

cenizas, producto de la quema de combustibles fósiles, principalmente del combustóleo pesado, causa una disminución de la transferencia de calor entre gases calientes y fluidos de proceso por calentar, así como su eficiencia térmica.

El hollín formado en el serpentín de tuberías de la zona de convección tiene un factor de emisión altamente variable y depende de la naturaleza del proceso de combustión y del grado de regulación del mismo. En la refinación del petróleo, se busca cuidar el consumo de energía obtenido de los combustibles fósiles utilizados para producir el calor necesario para la generación de vapor y calentamiento.

La importancia que tiene “el ahorro de energía es el hecho de que la razón costo combustible, a costo total de refinación oscila de 55 a 70⁷ por ciento”, y según estadísticas, los porcentajes de distribución de energía en estas industrias son los siguientes:

“Calentadores de proceso, 65 por ciento; generadores de vapor, 25 por ciento; generadores de energía eléctrica, 10 por ciento. La energía térmica representa las dos terceras partes del costo de operación de una refinería⁸”, de las cuales el costo del combustible para calentadores y generadores de vapor equivale a 70 por ciento.

Entonces el sistema de Soplado de Hollín nos permite retirar estos residuos de forma periódica de los tubos, los que conlleva aun ahorro de combustible para lograr una mayor eficiencia térmica, además permite preservar la tubería y a la vez evitar continuos paros del Horno para limpiar los residuos de la combustión.

2.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA.

El sistema de soplado de Hollin, actualmente, se encuentra conformado por doce sopladores de tipo retractiles, los mismos que se encuentran montados en la parte superior del Horno TVH1, perteneciente al proceso de VISBREAKING. El proceso se gobierna de manera electromecánica, pues cada una de sus partes se cablean hasta relés y contactores en el panel principal de control.

⁷ Datos técnicos de la UOP manual 147026, SECCIÓN E. (Visbreaking Process)

⁸ Sopladores de Hollín para Calderas que emplean Gas LP, Gas Natural, Gas de Refinería, Gas de Recuperación, Diesel, Gasóleo, Combustóleo y Otros”, vigente a partir del 1 de mayo de 1999.

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Dicho panel, es de tipo EEx dIIBT3 y es construido a prueba de explosiones, definido por el CENELEC, bajo el estándares europeos. Bajo las normas NEC pertenece a Class I Div II, Group D. A continuación los elementos del esquema eléctrico se indican en la tabla 2.1, para posteriormente analizar sus principales características:

| Ref. | Denominación | Fabricante | Tipo |
|--------------------|--|---------------|---------------------|
| --- | 3 Cajas de Panel 735 x 510, contra explosiones EExPIIBT3 | ----- | ----- |
| SI | Caja Principal de Switch EExDIIBT3 con Switch Principal | BRETER | AC3 |
| F1 a F3 | Fusibles principales Internos | CAFRULLO | 3x25A/10A |
| F4 a F5 | Fusibles para transformador | CAFRULLO | 2x25A/4A |
| F6 a F7 | Fusibles para transformador | CAFRULLO | 2x25A/6A |
| FU8 a FU11 | Fusibles pilotos para válvulas | CAFRULLO | 2x25A/4A |
| KAV | Contactores para inversión de GIRO | TELEMECANIQUE | LC2.D.129 |
| KAR | Contactores para inversión de GIRO | TELEMECANIQUE | LC2.D.129 |
| RTH | RELE TERMICO PARA PROTECCION DEL MOTOR, DE 1.6 A 2.5 A | TELEMECANIQUE | LR1.D09307 |
| T | TRANSFORMADOR 460v/120v, P= 250 VA | BRAGA | ----- |
| CG | SWITCH DE TRES POSICIONES, START-STOP-RESET | ----- | ----- |
| BDC | PULSADOR DE INICIO DE CICLO | CEE | 55K-3287 |
| DC | RELÉ DE INICIO DE CICLO | TELEMECANIQUE | CA2DN 132 |
| FDC | RELÉ DE FIN DE CICLO | TELEMECANIQUE | CA2DN 122 + LA1D11 |
| BTH | PULSADOR PARA RESET TERMICO | ----- | ----- |
| PR1 A PR4 | RELES DE CONTROL DE PRESION | TELEMECANIQUE | CA2 DN 122 + LA1D22 |
| RT0 A RT5 | RELÉS PARA PRUEBA DE LUCES | TELEMECANIQUE | CA2 DN 122 + LA1D22 |
| BTL | PULSADOR DE PRUEBA DE LUCES | ----- | ----- |
| T | TIMER 0-30' | NATIONAL | PMH-10M |
| RVVO | RELÉ DE VALVULA DE PRESION ABIERTA | TELEMECANIQUE | CA2 DN 122 |
| RVVF | RELÉ DE VALVULA DE PRESION CERRADA | TELEMECANIQUE | CA2 DN 122 |
| RVPO | RELÉ DE VALVULA DE PURGA ABIERTA | TELEMECANIQUE | CA2 DN 122 |
| RVPF | RELÉ DE VALVULA DE PURGA CERRADA | TELEMECANIQUE | CA2 DN 122 |
| CI A C12 | CONTACTORES DE SOPLADORES | TELEMECANIQUE | LC1D123 + LA1D11 |
| RK1 A RK12 | BIOTABLE RELAY PARA EL RESET DE SOPLADORES | TELEMECANIQUE | CA2 DK122 + LA1D11 |
| RM1 A RM 12 | BIOTABLE RELAY PARA EL RESET DE SOPLADORES | TELEMECANIQUE | CA2 DK122 + LA1D11 |
| CM1 A CM 12 | SWITCH DE DOS POSICIONES ON-OFF | CEE | 05K-3438 |

Tabla 2.1 Elementos y Marcas del Panel de Control.

Terminales

Para 4 mm², dos cables qty=3

Para 3.5 mm², dos cables qty=96

Para 1.5 mm², dos cables qty=14

HUBS

1"1/2 NPT Hubs para caja de Switch principal qty=1

2" NPT Hubs para la caja de Panel qty=7

Los Hubs nos permiten realizar las conexiones de los motores y los Switch de límites de carrera, hacia el Panel de manera sencilla y ordenada. El esquema completo de conexiones de los motores hacia el panel principal mediante los Hubs se lo indica en la figura 2.9.

Con motivos de clarificar la figura 2.9, en la figura 2.10 Indicaremos la conexión del primer soplador hacia los Hubs.

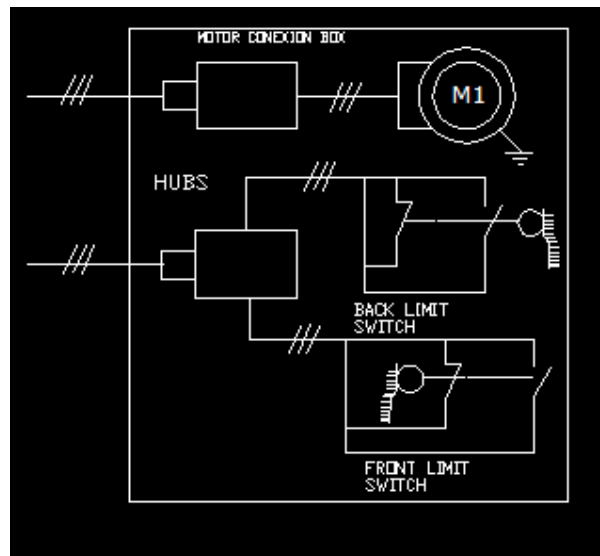


Figura 2.10 Conexiones del Primer Soplador al panel de Control

Los motores controlan su giro mediante los contactores KAR y KAV, los mismos que son gobernados por los Switch de inicio y fin de carrera ubicados en el trayecto de cada uno de los doce sopladores.

Además de los elementos electromecánicos de control, en el proceso existen dos electroválvulas manejadas por un **solenóide** de 120 [V], la primera de ellas, **la válvula de drenado NO** y la segunda **la válvula de Presión NC**. En la figura 2.11 se indican los esquemas de conexiones de las mismas hacia el panel de control, mediante los Hubs.

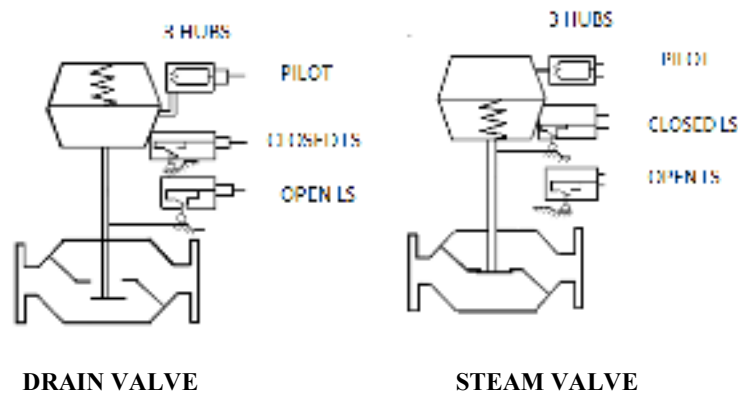


Figura 2.11 Válvulas del Sistema

La conexión del Switch de presión hacia el panel de Control, mediante los Hubs, se ilustra en la figura 2.12.

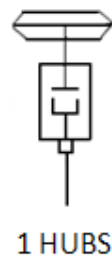


Figura 2.12 Conexión del Switch de Presión

2.3.1 Descripción de elementos

2.3.1.1 Electroválvulas

Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto. En la figura 2.13 se ilustra la válvula de Purga del sistema.



Figura 2.13 Válvula de Purga

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula. En muchas aplicaciones es necesario controlar el paso de algún tipo de flujo, desde corriente eléctrica hasta gases o líquidos.

En particular, las accionadas por solenoides permiten su implementación en lugares de difícil acceso y facilitan la automatización del proceso al ser accionadas eléctricamente. Este tipo de válvulas es controlada variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina). Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil.

Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal. Al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar.

2.3.1.2 Clasificación

Existen muchos tipos de válvulas de solenoide. Se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma:

- ✚ Según su aplicación: Acción Directa u Operadas mediante piloto.
- ✚ Según su construcción: Normalmente abierta o Normalmente cerrada.
- ✚ Según su forma: De acuerdo al número de vías.

2.3.1.2.1 Válvulas de Solenoide de acción directa

En este tipo de válvulas, el émbolo móvil controla el flujo debido al efecto de la fuerza de origen magnético directamente. Para ejemplificar el modo de trabajo de estas válvulas en general, se estudiará el funcionamiento de la válvula de solenoide de acción directa, normalmente cerrada de dos vías, la misma que es indicada en la Figura 2.14.

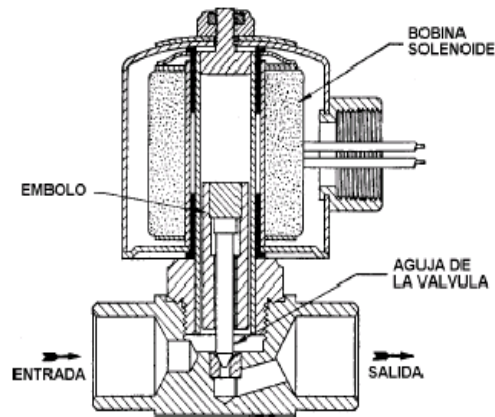


Figura 2.14 Válvula de acción directa

En ella, al no circular corriente por la bobina, la aguja asociada a la parte inferior del émbolo cierra el orificio deteniendo el flujo. Al energizar el solenoide, se genera un campo magnético que ejerce fuerza sobre el émbolo atrayéndolo hacia arriba.

De esta manera la aguja se levanta, permitiendo el paso del fluido. Al finalizar el efecto de la corriente eléctrica, la fuerza ascendente sobre el émbolo cesa. Este cae, por efecto de la gravedad, cerrando mediante la aguja el orificio, impidiendo de esta manera el paso del flujo por la tubería.

En otras aplicaciones, se ocupan resortes que permiten la instalación de la válvula en posiciones no verticales, prescindiendo de esta manera de la fuerza de gravedad. Desde luego, mientras mayor sea la diferencia de presión entre la entrada y la salida del fluido, mayor tendrá que ser la fuerza ejercida sobre el émbolo móvil para cerrar (o abrir dependiendo del caso) el orificio de la válvula.

Debido a lo anterior, existe un límite máximo de diferencia de presiones con las que puede trabajar cada válvula. Este límite se conoce como “Diferencial Máximo de Presión de Apertura”.

2.3.1.2.1.1 Diferencial Máximo de Presión de Apertura

Mientras mayor sea la diferencia de presiones entre la entrada y la salida, más fuerza será necesaria para abrir o cerrar la válvula. También, mientras mayor sea el orificio de la válvula, mayor será el área afectada por esta diferencia de presiones, haciendo aún más difíciles los movimientos de la aguja asociada al émbolo.

Por lo tanto, dado la fuerza máxima con que el electroimán puede atraer al émbolo, existe un límite para la diferencia de presiones entre la entrada y la salida. Si la presión excede este límite, el solenoide será incapaz de mover al émbolo, dejando a la válvula sin capacidad de actuación. Si se requiere de un gran diferencial, la fuerza que deberá ejercer el campo sobre el émbolo deberá ser grande. De esta manera, será necesaria una gran bobina, aumentando los costos de construcción de la válvula.

2.3.1.2.2 VÁLVULAS DE DOS VIAS

De acuerdo a su forma, las válvulas se pueden clasificar según la cantidad de entradas y/o salidas que ella posee. De esta manera, los tres tipos principales de válvulas son las de dos, tres y cuatro vías.

La válvula de dos vías es el tipo de válvula solenoide más común, ya que posee una conexión de entrada y una de salida, controlando el flujo del fluido en una sola línea. Las válvulas de solenoide agrúpanlas según su construcción, se clasifican en normalmente abierta o normalmente cerrada.

Básicamente, para el caso de las válvulas solenoide la especificación dependerá del sentido en que actúe la fuerza de la bobina sobre el émbolo. Para las válvulas de acción directa, en los casos en que la aplicación de energía a la bobina abra el puerto principal se hablará de una situación normalmente cerrada, ya que este será el estado de la válvula desenergizada. Y para el caso en que la energía de la bobina cierre el puerto principal, se

hablará de una válvula Normalmente abierta. Para ejemplificar lo expuesto, ilustraremos el cambio de estado en las Figuras 2.15 y 2.16.

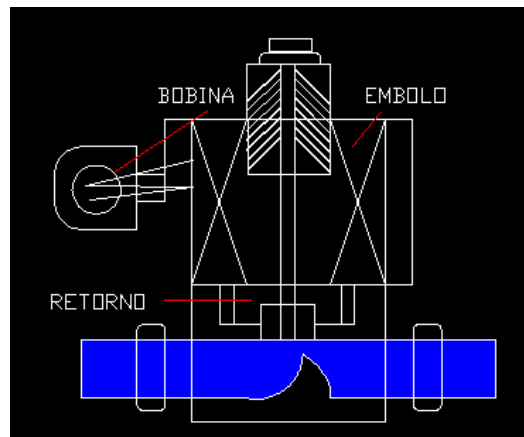


Figura 2.15 Válvula Sin Energía (NO)

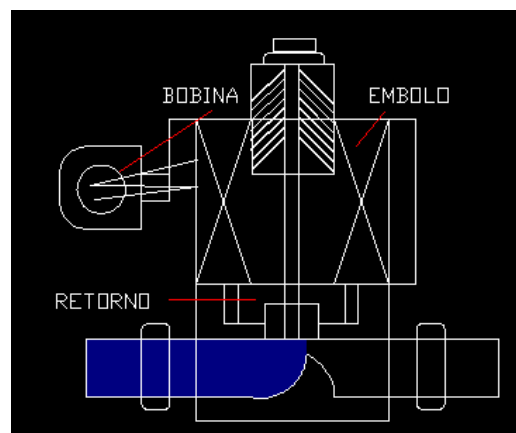


Figura 2.16 Válvula Energizada

En cuanto a las válvulas operadas por piloto, será normalmente abierta cuando el solenoide deba ser energizado de tal forma que produzca un desequilibrio de presiones para forzar el cerrado del pistón o diafragma. En algunos casos, la válvula estará normalmente abierta gracias a un resorte que forzará la apertura del pistón y ejercerá una fuerza opuesta a la del émbolo.

La ventaja de las válvulas normalmente abiertas radica en que permanecerán abiertas en caso de fallas en el sistema eléctrico, algo necesario en algunos casos. En la figura 2.17 se muestra el estado de la válvula de purga del sistema de soplado de Hollín. Mientras que en la figura 2.18 se ilustra la misma válvula una vez energizada.

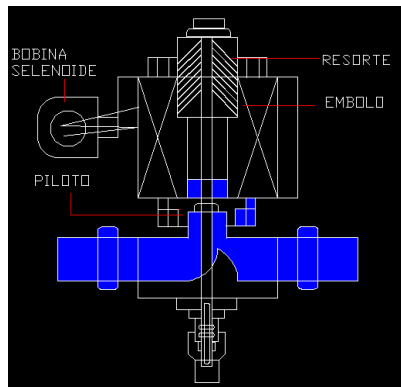


Figura 2.17 Bobina Sin Energía, NO.

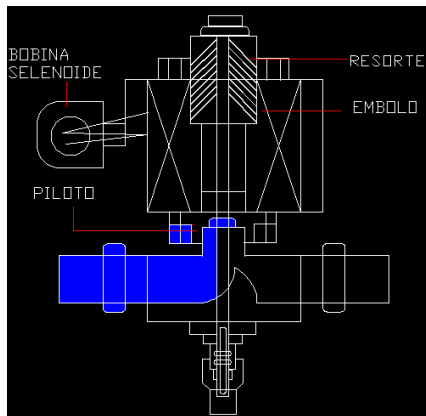


Figura 2.18 Bobina Con Energía, NC.

Estas válvulas son utilizadas especialmente en labores que requieren que haya un flujo de fluido la mayor parte del tiempo.

2.3.1.2 Motores trifásicos

El motor trifásico se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de laminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatoricos y rotoricos respectivamente.

Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza

electromagnética, y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

2.3.1.2.1 Partes del motor giratorio:

a) **Estator.** Es la parte fija del motor y se compone de:

b) **Carcaza**, parte que sirve de soporte al núcleo magnético. Se construye con hierro fundido o acero laminado.

c) **Núcleo Magnético**, es un apilado de laminas ferromagneticas de pequeño espesor, aisladas entre si por medio de barnices.

d) **Bobinado estatorico**, bobinas que tienen la función de producir el campo magnético. Están alojadas en las ranuras (abiertas o semicerradas) que tienen el núcleo.

e) **Barnera**, Conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcaza, que sirve para conectar la red a los terminales del bobinado estatorico. Los bornes a los cuales se conectan los principios de las bobinas, se identifican en la actualidad normalmente con U1, V1, W1 y los finales U2, V2 y W2.

f) **Rotor**, básicamente esta formado por un eje y un paquete de laminas ferromagneticas, que llevan en la periferia unas ranuras para alojar las bobinas rotoricas. Los extremos del eje se introducen en unos bujes o rodamientos, que deben ofrecer el mínimo de rozamiento, de modo que no influyan para producir un aumento de la corriente absorbida por el motor. Según se coloquen los conductores del rotor, en cortocircuito conformando un bobinado, tenemos dos tipos de motores asíncronos: motores con rotor bobinado y el motor con rotor en cortocircuito o jaula de ardilla.

El tipo de motores de AC utilizados para accionar los sopladores son motores asíncronos o de inducción, motores eléctricos de corriente alterna. El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de los dos tipos mencionados anteriormente. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120°. Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor.

El campo magnético giratorio gira a una velocidad denominada de sincronismo. Sin embargo el rotor gira algo más despacio, a una velocidad parecida a la de sincronismo. El hecho de que el rotor gire más despacio que el campo magnético originado por el estator, se debe a que si el rotor girase a la velocidad de sincronismo, esto es, a la misma velocidad que el campo magnético giratorio, el campo magnético dejaría de ser variable con respecto al rotor, con lo que no aparecería ninguna corriente inducida en el rotor, y por consiguiente no aparecería un par de fuerzas que lo impulsaran a moverse.

2.3.1.2.2 Motores con rotor jaula de ardilla

Son aquellos cuyo rotor está integrado por un paquete de laminas ferromagnéticas de espesores muy pequeños, aislados entre sí. Este conjunto se comprime y se encaja en el eje, haciendo tope sobre unas hendiduras que lleva, de forma que no pueden salirse. El bobinado del rotor está formado por un conjunto de conductores desnudos, de cobre o aluminio, y puestos en cortocircuito, al soldarlos a dos anillos frontales del mismo material. Por el parecido que tienen con una jaula de ardilla recibe ese nombre

2.3.1.2.3 Motores con rotor bobinado

El motor de rotor bobinado tiene un rotor constituido, en vez de por una jaula, por una serie de conductores bobinados sobre él en una serie de ranuras situadas sobre su superficie. De esta forma se tiene un bobinado en el interior del campo magnético del estator, del mismo número de polos, y en movimiento. Este rotor es mucho más complicado de fabricar y mantener que el de jaula de ardilla, pero permite el acceso al mismo desde el exterior a través de unos anillos que son los que cortocircuitan los bobinados.

Esto tiene ventajas, como la posibilidad de utilizar un reóstato de arranque que permite modificar la velocidad y el par de arranque, así como el reducir la corriente de arranque. En cualquiera de los dos casos, el campo magnético giratorio producido por las bobinas inductoras del estator genera unas corrientes inducidas en el rotor, que son las que

producen el movimiento. La estructura del motor utilizado para el movimiento de los sopladores se ilustra en la figura 2.19.

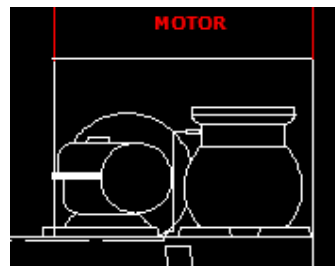


Figura 2.19 Motor Trifásico para movimiento de Sopladores

2.3.1.3 Fusibles

Dispositivo de seguridad utilizado para proteger un circuito eléctrico de un exceso de corriente. Su componente esencial es, habitualmente, un hilo o una banda de metal que se derrite a una determinada temperatura.

El fusible está diseñado para que la banda de metal pueda colocarse fácilmente en el circuito eléctrico. Si la corriente del circuito excede un valor predeterminado, el metal fusible se derrite y se rompe o abre el circuito. Los dispositivos utilizados para detonar explosivos también se llaman fusibles. Un fusible cilíndrico está formado por una banda de metal fusible encerrada en un cilindro de cerámica o de fibra.

Unos bornes de metal ajustados a los extremos del fusible hacen contacto con la banda de metal. Este tipo de fusible se coloca en un circuito eléctrico de modo que la corriente fluya a través de la banda metálica para que el circuito se complete. Si se da un exceso de corriente en el circuito, la conexión de metal se calienta hasta su punto de fusión y se rompe.

Esto abre el circuito, detiene el paso de la corriente y, de ese modo, protege al circuito. En lo que al sistema de soplado de hollín se refiere, utilizamos fusibles de respuesta lenta de 10, 6, y 4 A. Los mismos que se colocan entre la etapa de potencia y

control, y en las electroválvulas. Las curvas de limitaciones y características de los fusibles utilizados se presentan en la figura 2.20.

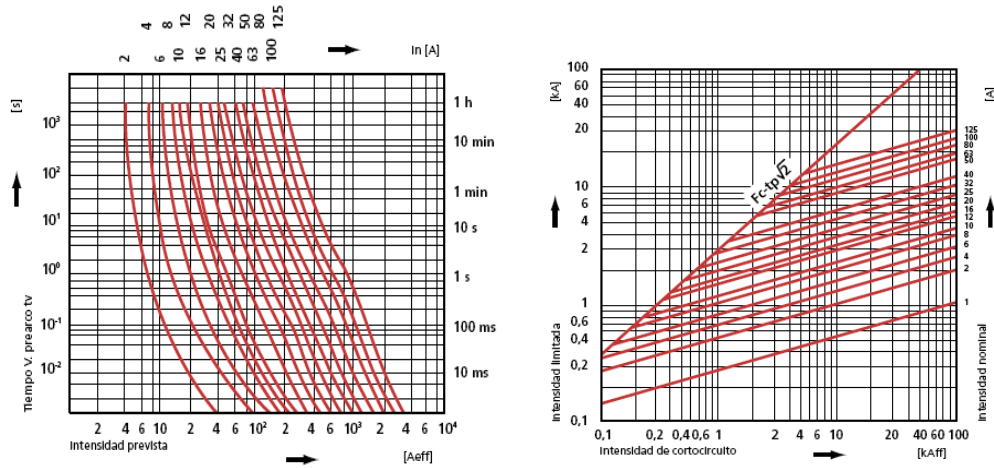


Figura 2.20 Curvas de limitaciones y operación de Fusibles

2.3.1.4 Relés

Conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante un dispositivo de potencia mucho menor. Un relé está formado por un electroimán y unos contactos conmutadores mecánicos que son impulsados por el electroimán. Este requiere una corriente de sólo unos cientos de miliamperios generada por una tensión de sólo unos voltios, mientras que los contactos pueden estar sometidos a una tensión de cientos de voltios y soportar el paso de decenas de amperios.

Por tanto, el conmutador permite que una corriente y tensión pequeñas controlen una corriente y tensión mayores. Técnicamente un relé es un aparato electromecánico capaz de accionar uno o varios interruptores cuando es excitado por una corriente eléctrica. Las condiciones que caracterizan a los relés utilizados para el proceso de soplado de hollín se ilustran en la figura 2.21, las características del circuito de control se visualizan en la figura 2.22, y las características de los contactos en la figura 2.23 las mismas que se exponen a continuación⁹.

⁹ Archivo Técnico de PETROECUADOR, Datasheets 45895.

| | | | |
|-----------------------------|---------------|-----------|--|
| Type | | | CA2 |
| Conforming to standards | | | IEC337-1, 947-1, 947-5, NFC 63-140, VDE0680, BS4794 |
| Approvals | | | UL Listed File E148.39 CCN NKCR, CSA File LR12721 Class 3211 03, SEMKO, SEV, DEMKO |
| Operating temperature range | | °F(°C) | -4 to 131 (-20 to 55) |
| Wire range | Stranded wire | AWG (mm²) | Two #20 (0.75) to #16 (1.5) |
| | Solid wire | AWG (mm²) | Two #18 (1) to #14 (2.5) |

Figura 2.21 Condiciones de Operación de los Relés de Inicio y fin de Ciclo.

| | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|----|-------------------------|
| Type | | | CA2 |
| Rated insulation voltage | Conforming to UL508 | V | 600 |
| | Conforming to VDE 0110 Group C | V | 660 |
| Rated coil voltage U _c | | V | 24 to 600 |
| Permissible voltage variation | | | +10/-20% U _c |
| Average consumption | Inrush | | 15.5 VA |
| | Sealed | | 4.2 VA |
| Operating time | Pick-up | ms | 8 to 18 |
| | Drop-out | ms | 8 to 8 |
| Mechanical life | In millions of operations | | 10 |

Figura 2.22 Características de control de los relés de Inicio y Fin de Ciclo.

| AC | | | | | | | DC | | | |
|-------|------------------|-----------|------|------------|-----|-----------------|--------------------------|-----|-------|-----------------|
| Volts | Inductive 35% PF | | | | | Continuous amps | Resistive 75% PF | | Volts | Continuous amps |
| | NEMA rating | Make Amps | VA | Break Amps | VA | | Make, break & cont. amps | | | |
| 120 | | 60 | 7200 | 8 | 720 | 10 | 10 | 24 | 3 | |
| 240 | A600 | 30 | 7200 | 3 | 720 | 10 | 10 | 60 | 2 | |
| 480 | | 15 | 7200 | 1.5 | 720 | 10 | 10 | 110 | .8 | |
| 600 | | 12 | 7200 | 1.2 | 720 | 10 | 10 | 240 | .2 | |

Figura 2.23 Características de los contactos de los relés de Inicio y fin de Ciclo.

La estructura física y dimensiones de los relés de inicio y fin de ciclo, así como la de los relés para el manejo de los sopladores se ciclo se ilustra en la figura 2.24

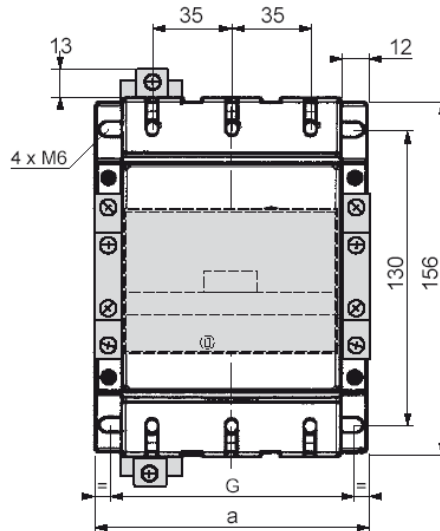


Figura 2.24 Dimensiones de los relés de Inicio y fin de Ciclo.

2.3.1.4.1 Relé Térmico

Las curvas de disparo del relé térmico Telemecanique LR1.D09307, utilizado para el sistema de soplado de hollín se indican en la figura 2.25.

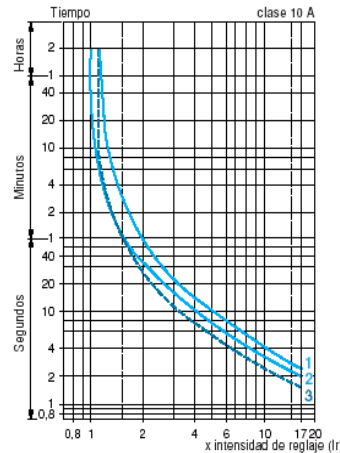


Figura 2.25 Curvas de Disparo

Se destinan a controlar el calentamiento de los arrollamientos de los motores y a provocar la apertura automática del Contactador cuando se alcanza un calentamiento límite. Poseen siempre un elemento fundamental que se alimenta en función de la corriente del motor y que provoca la apertura automática de un contacto, cuando se alcanza la temperatura de reacción.

Este elemento fundamental es generalmente un bimetel, formado por dos láminas estrechas y delgadas de metales diferentes y soldados. Los metales se escogen de forma que tengan coeficientes de dilatación muy diferentes.

En estas condiciones, el bimetel se curva y presenta una deflexión variable con la temperatura. Al curvarse, motiva la apertura de un contacto que puede interrumpir el circuito de la bobina del Contactador.

El calentamiento del bimetel puede obtenerse por el paso directo de la corriente, por el paso de esta corriente a través de una resistencia calefactora dispuesta muy cerca del

bimetal y en serie con el mismo (calentamiento indirecto), o por medio de una corriente que proviene de un transformador de intensidad que toma la señal del motor.

Una de las causas por las que muchos motores trifásicos se queman, es debida a la ausencia de una de las fases de alimentación cuando el motor ya está en marcha, a pesar de que el relé térmico de protección de que iban provistos estaba bien elegido y regulado.

En un motor trifásico conectado en triángulo y alimentado por solo dos fases, el porcentaje de sobrecarga en uno de los bobinados de fase, será mayor al porcentaje de sobrecarga producido en las líneas de alimentación y detectado por el relé. Un relé térmico normal, como el indicado en la figura 2.26 operará, debido al calentamiento de solo dos láminas, en un tiempo superior al deseado, provocando por tanto el deterioro de uno de los bobinados del motor.

Existe un tipo especial de relé térmico, que tiene sensibilidad a la asimetría de fases, y provoca la apertura del contacto, aún cuando la corriente que pasa por las dos láminas restantes, no rebase el nivel ajustado.



Figura 2.26 Relé Térmico

Las características técnicas de los relés térmicos utilizados en el proceso de soplado de hollín se analizarán en el **anexo 4 en los DATASHEETS**.

2.3.1.4.2 Relés temporizadores

En general, un relé de tiempo es un aparato capaz de cerrar o abrir sus contactos de salida, luego de transcurrido un determinado tiempo posterior a la excitación o

desexcitación de su elemento de operación. Los relés de tiempo son conocidos también como TEMPORIZADORES y son utilizados para producir la automatización, en función del tiempo, de una gran variedad de circuitos de control. A continuación analizaremos las características más relevantes de los diferentes tipos de relés temporizadores.

2.2.1.4.2. Formas de Operación

Las formas básicas de operación de los relés de tiempo son las siguientes:

- ✚ ON DELAY (Retardo posterior a la energización del relé).
- ✚ OFF DELAY (Retardo posterior a la desenergización).
- ✚ Pulso independiente del tiempo de energización del relé.
- ✚ Pulso dependiente del tiempo de energización del relé.
- ✚ Ciclo repetitivo

Muchos fabricantes producen relés de tiempo con modos de operación combinados. En la Planta el temporizador existente es de acción On DELAY pues se activa luego de unos momentos de energizarse, para proceder a cerrar la válvula de purga y así dar inicio al proceso de Soplado.

2.3.1.4 Pulsadores

Son aparatos de maniobra clasificados como interruptores, los mismos que tienen retroceso, y son accionados manualmente.

Usualmente y como en el caso del presente proyecto, se emplean para el mando de procesos de control. Los pulsadores son los elementos de mando más utilizados en la operación de contactores y fundamentalmente, en el mando de motores eléctricos. Combinaciones de ellos se utilizan para abrir o cerrar circuitos auxiliares, para señalización, para el mando de relés, etc.

La estructura de un pulsador como el indicado en la figura 2.27 es básicamente el botón actuador y la cámara de contactos. Por lo general, la cámara de contactos está

constituida por dos contactos, uno de cierre (NA) y otro de apertura (NC); pero es posible unir dos o tres cámaras de contactos para conseguir mayor flexibilidad en el mando.



Figura 2.27 Pulsador para encendido del sistema

2.3.1.5 Contactores

La arquitectura de un contactor como el indicado en la figura 2.28 se ha designado a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos, que normalmente funciona con mando a distancia, en lugar de ser operados manualmente.

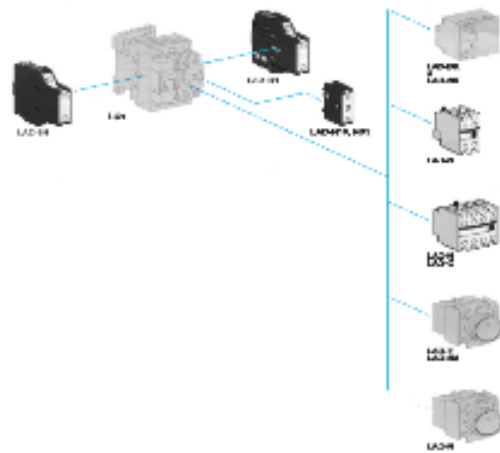


Figura 2.28 Estructura del Contactor

Está diseñado para maniobras frecuentes bajo carga y sobrecargas normales. Atendiendo al tipo de accionamiento, se pueden tener:

Contactores electromagnéticos, electromecánicos, neumáticos, etc., de los cuales, el contactor electromagnético es el más utilizado en las variantes de pequeña, mediana y gran potencia.

La sencillez de construcción, unida a su robustez, su reducido volumen y el mantenimiento prácticamente nulo, lo hacen insustituible. De ahí que, en el presente tratado se realizará un estudio detallado de estos dispositivos.

El contactor electromagnético es un contactor cuyo accionamiento se debe a la fuerza de atracción de un electroimán. En un contactor electromagnético se distinguen los siguientes elementos estructurales:

1. Electroimán
2. Contactos
3. Elementos mecánicos
4. Cámara de extinción del arco eléctrico.

Las características técnicas de los contactores empleados en el proceso de soplado de hollín se analizarán **en el anexo 5 en los DATASHEETS.**

Sin duda en ambientes industriales, en especial en Refinerías y plantas que trabajan con combustibles o fluidos inflamables, es de suma importancia evitar el arco eléctrico, por lo que analizaremos la manera que poseen los relés y contactores de realizarlo:

2.3.1.6 Arco Eléctrico

Toda vez que un interruptor abra un circuito eléctrico con corriente, se producirá un arco eléctrico entre los contactos, muy perjudicial para la vida del aparato; y que en algunos casos resulta muy peligroso para la vida del operador.

El aumento de temperatura que tiene lugar durante este período, produce la oxidación de los contactos, que para el caso de contactos de cobre, da como resultado un mal conductor de la corriente eléctrica.

En la apertura de un contactor el arco debe extinguirse total y rápidamente sin posibilidades de re encendido, a fin de disminuir el período transitorio de apertura. Puede asegurarse que la vida de los contactos depende de la rapidez con que se apague el arco eléctrico.

2.3.1.6.1 Procedimientos empleados para su extinción:

Los procedimientos empleados para la extinción del arco eléctrico en los contactores y en general, en la mayoría de aparatos de maniobra, son los siguientes:

- ✚ Por alargamiento,
- ✚ Por enfriamiento y
- ✚ Subdivisión del arco.

Fundamentalmente, la primera solución para alargar el arco de ruptura, consiste en separar rápidamente los electrodos, pero las distancias y velocidades requeridas a medida que aumenta la potencia, necesitan de piezas de aceleración y espacios tan amplios que resultan prácticamente irrealizables.

Por esta causa, a partir de ciertas potencias, se recurre a diversos artificios que alargan el arco, manteniendo relativamente corta la distancia entre el contacto fijo y el contacto móvil. Para ello, se aprovecha la movilidad natural del arco eléctrico. En efecto, cuando el arco salta entre dos conductores, tiende a desplazarse en el sentido de aumentar la superficie abarcada por el circuito.

Dando una forma conveniente a los contactos, se puede conseguir simultáneamente el desplazamiento y el alargamiento del arco.

2.3.1.6.2 Enfriamiento del arco

En los contactores, se logra el enfriamiento del arco, haciendo que éste, en su desplazamiento y alargamiento recorra celdas estrechas, cediendo de esta manera calor al entrar en contacto con las paredes circundantes. Antiguamente, para el enfriamiento del arco se utilizaba una fuente de aire seco a presión; pero este método resultaba muy costoso.

2.3.1.6.3 Subdivisión del arco

Se podría disponer de elementos supletorios que subdividan al arco una vez ya formado. Estos elementos son piezas metálicas emplazadas en el camino de expansión del arco; de manera que, éste al llegar a ellas, se subdivida en otros más pequeños. Otra forma de subdividir al arco es conectando los contactos en serie.

2.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SOPLADOR

2.4.1 Inicio del Soplado

“Para poner en marcha el sistema de soplado de Hollín, se deben seguir las siguientes Indicaciones¹⁰”:

1. Encender o energizar el panel de control, mediante la activación del Switch principal SI, el mismo que se encuentra ubicado en la caja anti explosiones.
2. Integrar los sopladores a la secuencia de soplado, mediante la activación del Switch individual “Ci” de la posición Off hacia ON.
3. Resetear la totalidad de Relés, llevando el Switch de tres posiciones “CGi” hacia la posición de RESET.
4. Luego preparar el proceso de soplado llevando el Switch de tres posiciones “CGi” hacia la posición de START
5. Luego Pulsar el botón BDC, el mismo que significa el inicio del ciclo de soplado.

¹⁰ CHIYODA EXPANSION PROJECT, JOB NO. 34038

2.4.2 Etapa de Control:

Se puede considerar a la etapa de control como la parte medular del proyecto, pues de su correcto funcionamiento depende la eficiencia del sistema.

Dentro de la misma, se analizarán los planos de conexiones, y se describirán las partes más relevantes que han permitido definir el principio de funcionamiento del soplador, para lo cual consideraremos el inicio del Soplado, el transcurso del proceso y su final.

Se indicará también el diagrama de los contactores de inversión de giro y la alimentación al sistema. En la figura 2.29, podemos observar que una vez activado el Switch SI, llega al transformador un Voltaje de 460 VAC, y el mismo lo convierte en 120 VAC con una potencia de 250 VAC.

Podemos observar el relé térmico y su rango de funcionamiento y las condiciones para que funcionen los contactores KAV y KAR, que implican la marcha y retroceso de cada soplador.

En la Figura 2.30 se puede observar el comportamiento de las electroválvulas y sus fines de carrera, además de los relés que controlan su activación y los avisos luminosos en sus respectivas posiciones.

Es importante notar que tanto en su inicio como en su final las solenoides cuentan con fusibles de protección, los mismos que se abren en una corriente máxima de 4 A.

En la figura 2.31 se puede observar la puesta en marcha el ciclo mediante el pulsador BDC, cuando el Switch de tres posiciones CG esta en el estado de encendido. Las restantes posiciones del Switch son para apagar el sistema y realizar un reset de todas las bobinas de los relés del sistema.

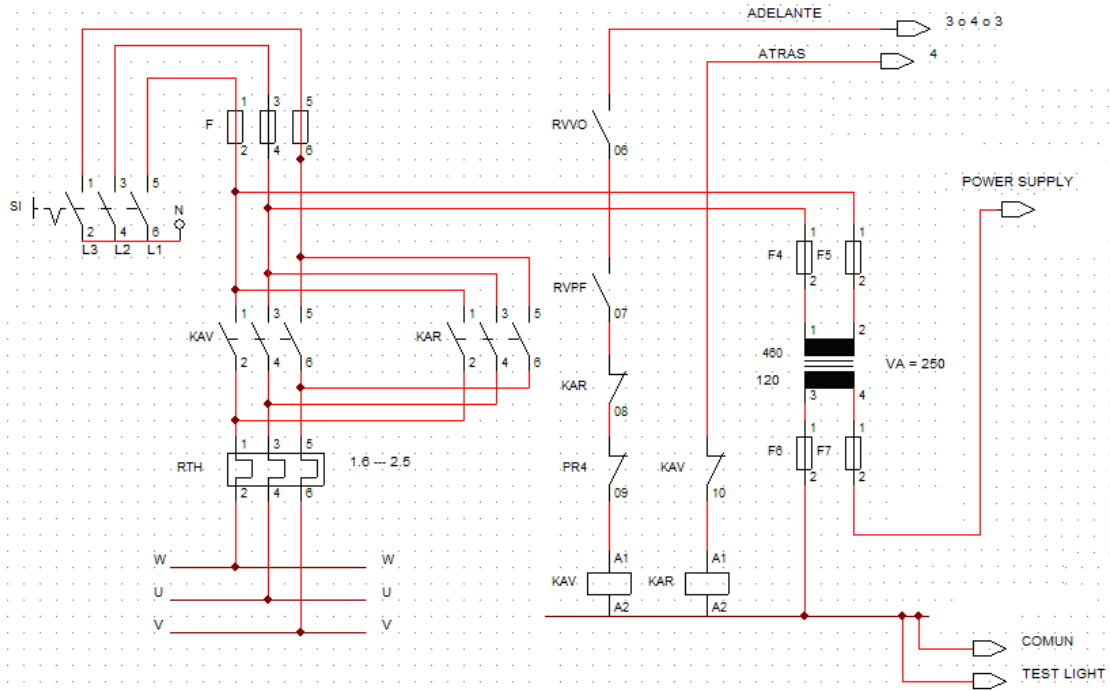


Figura 2.29 Alimentación del Sistema

Además se nota la secuencia que sigue el sistema para el caso de que existiese una falla térmica del proceso, sus avisos luminosos y el test de las lámparas de indicación.

En la figura 2.32 se puede observar el switch de presión, el mismo que debe permanecer energizando el contacto, es decir debe permanecer cerrado para indicar que existe la presión indicada en la línea, caso contrario, si se abriese deberá parar al sistema de avance de los motores según lo observado en la Figura 2.29.

Además podemos observar el pulsador BTL que permite realizar la prueba de señales luminosas para verificar su estado de funcionamiento.

En la figura 2.33 se puede observar los switch individuales “CM” para integrar a la secuencia de soplado un motor específico, los mismos que activan el sistema que permite energizar el contactor de cada motor para iniciar su salida.

También observamos un aviso luminoso de puesta en marcha del soplador número 1, y con el, el mando secuencial y aleatorio.

Se ha ejemplificado únicamente las conexiones del motor 1, debido a que los motores 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 poseen conexiones idénticas, a diferencia del uso de sus propios contactores y elementos de mando.

En la figura 2.34 se puede observar el final del proceso de soplado de hollín, razón por la cual la salida resultante del motor 12, una vez que ha regresado a su posición inicial, desactiva las solenoides de las válvulas de presión y purga indicadas en la figura 2.30, volviendo a su estado inicial NC y NO respectivamente.

Además, desactiva los avisos luminosos de encendido de ciclo y proceso y activa el indicador de fin de ciclo. Se puede notar también, que si el doceavo motor no es integrado a la secuencia, el estado HS nos permite restablecer el sistema directamente.

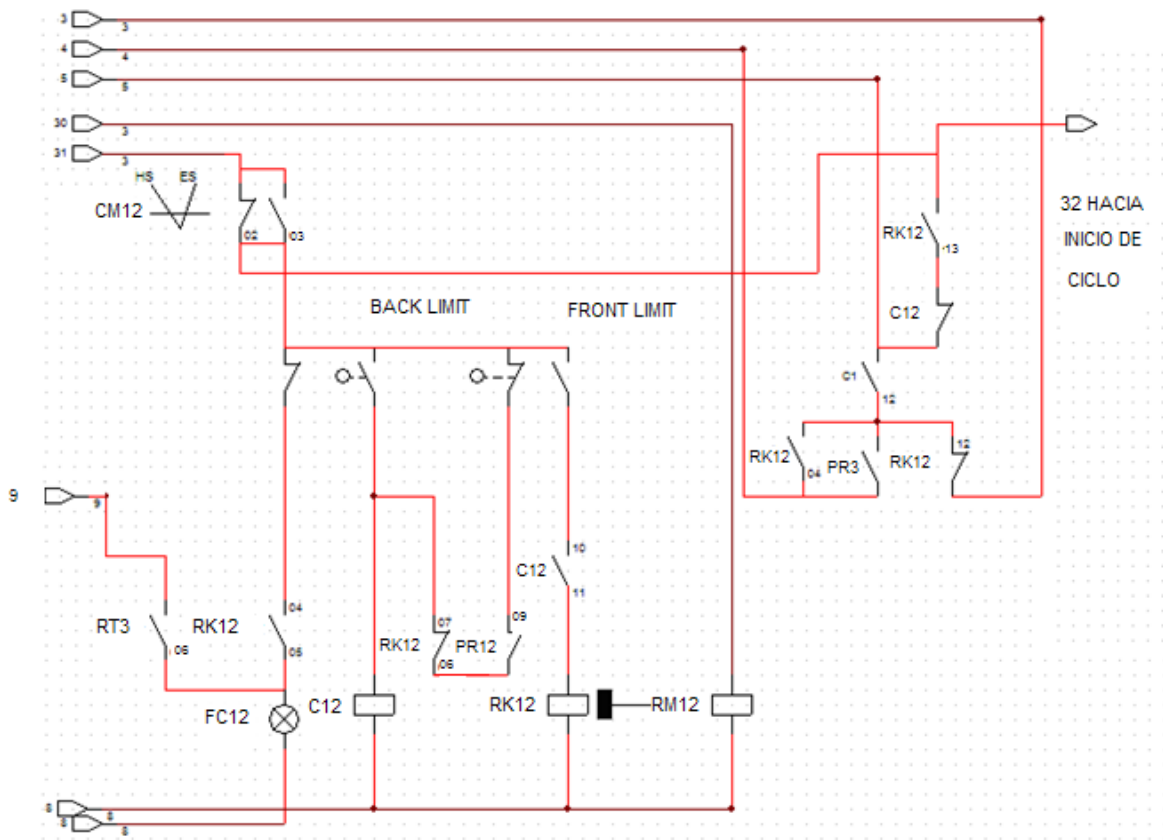


Figura 2.34 Control Para el Soplador doce⁹

2.4.3 Resumen de la Secuencia de Soplado:

1. La Válvula Principal de Purga “VP” se encuentra abierta para permitir la purga.
2. Se realiza la apertura de la Válvula Principal de Presión “VV”, controlado por el Switch de limite “VO”, cuyo comportamiento es ON–OFF.
3. Al activar la Válvula Principal de Presión “VV”, se inicia el Timer “T” para la secuencia de drenado.
4. Luego del Tiempo de drenado, se cierra la Válvula Principal de Purga “VP”.
5. Luego de cerrar la Válvula Principal de Purga “VP”, controlado por su Switch de limite, empieza el ciclo del primer soplador, que se encontraba en la posición de ON.
6. Luego de finalizar la carrera del primer soplador, empieza la carrera del segundo y así sucesivamente hasta llegar al doceavo.
7. Una vez finalizada la carrera del doceavo soplador, se cierra la Válvula Principal de Presión “VV” y se abre Válvula Principal de Purga “VP”.
8. Cuando esto ocurre, en el panel se enciende la señal de Fin de ciclo mediante un aviso luminoso.

El control para los primeros once sopladores es idéntico, variando únicamente el Contactor C_1 hasta C_{11} , además de RK_1 y RM_1 hasta RK_{11} y RM_{11} y los indicadores desde FC_1 hasta FC_{11}

El proceso es monitoreado por el operador mediante las señales luminosas que proporciona el sistema durante el transcurso de su funcionamiento, por lo que a continuación se presentan cada una de ellas y lo que representan.

2.4.4 Señales Luminosas¹¹

ST: Encendido

DE: Problema o falla térmica

MC: Ciclo en Funcionamiento

FCO: Fin de Ciclo

DP: Falla de presión

VPF: Válvula de Purga cerrada

VPO: Válvula de Purga abierta

VVF: Válvula de Presión cerrada

VVO: Válvula de Presión abierta

FCi: Fin de ciclo para cada soplador.

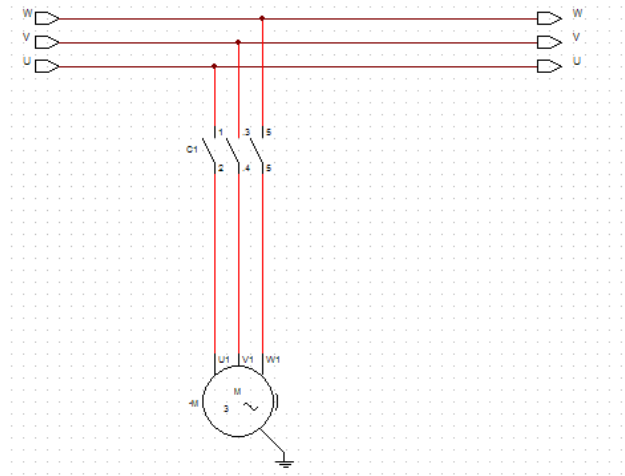
2.2.5 Etapa de potencia

Es importante destacar que la inversión del giro de cada uno de los motores se lo realizara mediante los Switch de limites de carrera que se encuentran en el trayecto del soplador, es decir, una vez activado el Switch del final de carrera del soplador, el motor respectivo regresa hasta tocar el Switch inicial, lo que da paso a la salida del otro soplador.

Sin embargo únicamente dos contactores controlan la inversión para los doce motores, KAV y KAR. Existen ciertas condiciones que pueden afectar al funcionamiento del proceso, las mismas serán analizadas en los requerimientos de control.

En esta etapa, indicada en la figura 2.35, varían el contacto principal de C_1 hasta C_{11} , y los Motores desde el 1 hasta el 12, por lo que se colocará el diagrama eléctrico de tan solo un motor.

¹¹ CHIYODA EXPANSION PROJECT, JOB NO. 34038



P = 75 KVA

Figura 2.35 Etapa de Potencia.

2.5. HORNOS, GENERALIDADES Y ARQUITECTURA.

El calor en los hornos es intercambiado en dos zonas bien diferenciadas como lo indica la figura 2.36, como lo son la zona radiante y la conectiva.

En la primera el calor es transferido por radiación a los tubos, luego los gases de la combustión son dirigidos hacia la zona de convección pasando previamente por la una zona de protección denominada zona de choque, la cual protege de la radiación del hogar a los tubos de la zona de convección.

El mecanismo de intercambio de calor en la zona de convección permite que los tubos posean superficie extendida como lo constituye el agregado de aletas o pernos, que mejoran sensiblemente la transferencia de calor y la eficiencia de los equipos.

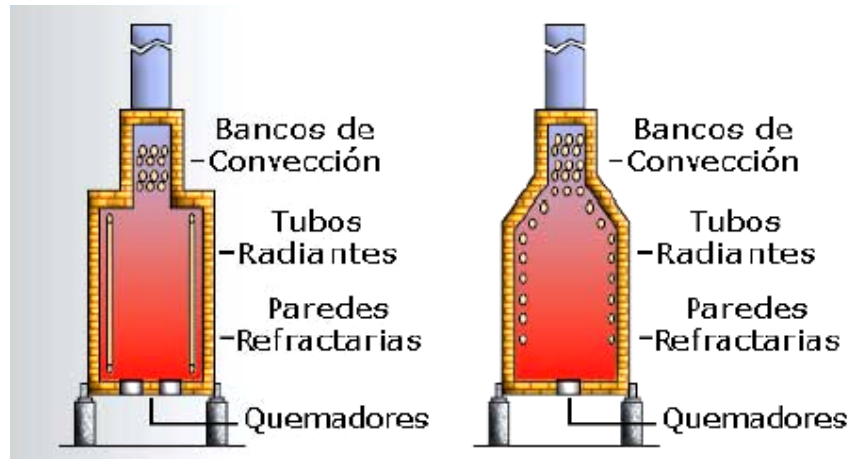


Figura 2.36 Arquitectura de los Hornos de Visbreaking

2.5.1 Diseño Bajo Normas

Los hornos son diseñados y construidos en su totalidad bajo las normas API y DIN. La transmisión del calor entre el aire de ambos lados de una pared se verifica en tres formas distintas: por convección, por conducción y por radiación.

a) Convección. Es el paso de calor de un punto a otro dentro de la masa de un fluido, transportado por el movimiento de las moléculas de dicho fluido, movimiento que se debe a las variaciones de densidad dentro de las porciones del fluido que reciben calor.

b) Conducción. Es el paso de calor de unas moléculas a otras dentro de la misma sustancia o de varias sustancias puestas en contacto, en el sentido de las temperaturas decrecientes.

c) Radiación. Es el paso de calor desde un foco productor, en sentido radial en todas las direcciones y en línea recta, con la velocidad de propagación de la luz y transmitido a través del éter.

Para simplificar el proceso se estudia separadamente cada etapa dividiendo la pared en: superficie externa, materiales homogéneos y espacios interiores de aire. Las ecuaciones que se usan generalmente para determinar la transmisión del calor se pueden aplicar a las varias partes componentes de la construcción y fijan los valores de la transmisión de flujo de calor en condiciones de régimen.

Los coeficientes pueden ser determinados por ensayos o pueden ser computados en base a los coeficientes de los varios componentes del paramento.

Es importante destacar que existen factores predominantes como el número de hogares del Horno. En la figura 2.37 se ilustra un horno de un solo hogar.

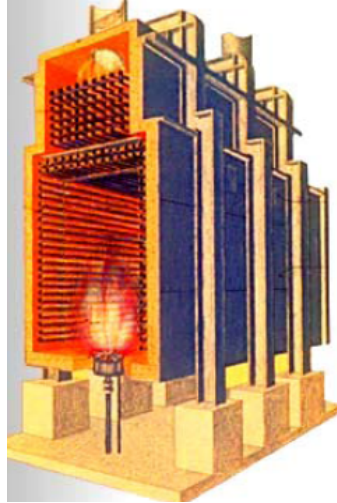


Figura 2.37 Horno de un solo Hogar

2.5.2 Horno TV-H1

La figura 2.38 y 2.39 representan un corte de la sección del Horno, tanto el zona de convección como en la de radiación respectivamente.

Las figuras indican la distribución real de la tubería en las dos zonas del horno, y además los dos hogares que posee el mismo.

Los hogares se definen como las cavidades internas que posee el Horno, las mismas se separan por paredes refractarias, y se calientan mediante un quemador en cada Hogar, los cuales utilizan una mezcla de Combustible entre Fuel Oil y Gas para producir la llama.

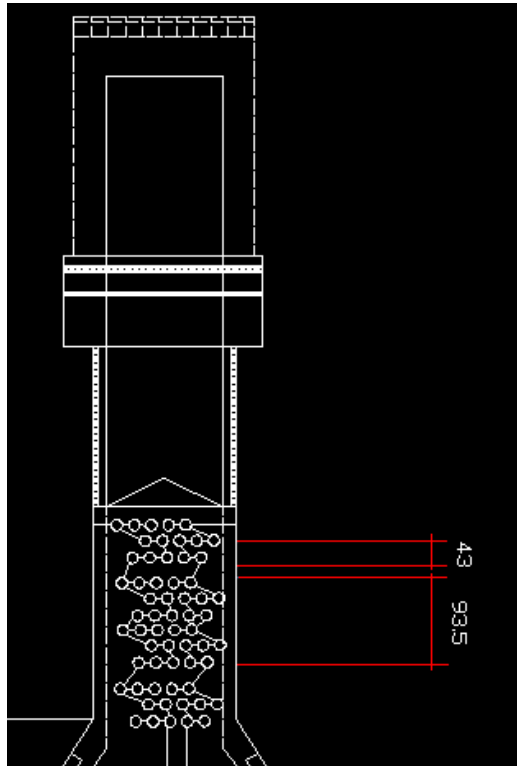


Figura 2.38 Corte frontal en la Zona de Convección

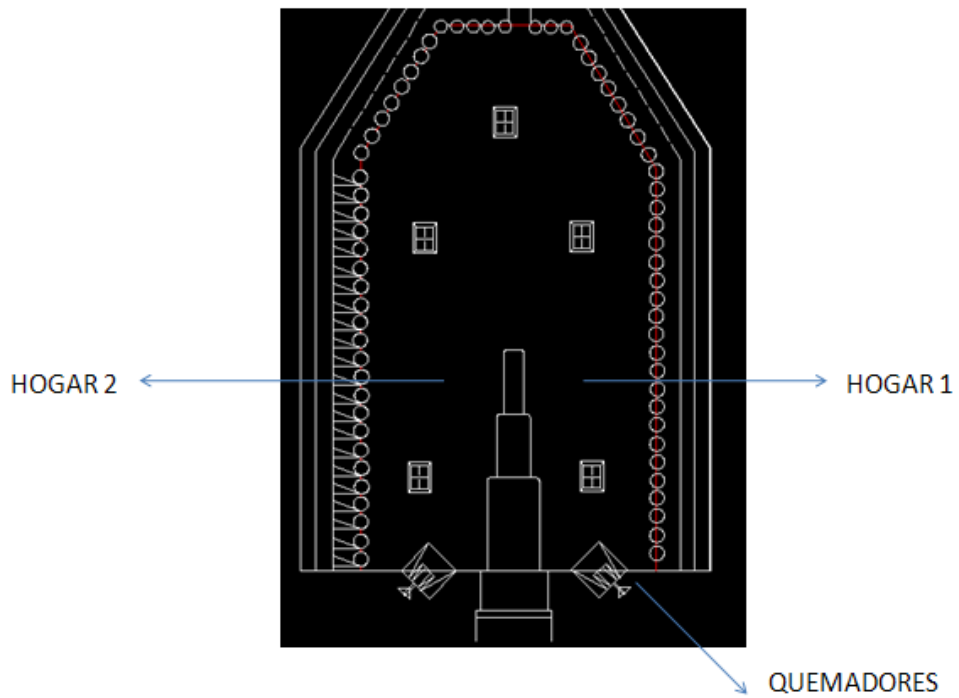


Figura 2.39 Corte frontal en la Zona de Radiación

El serpentín superior, esta en la zona de convección del horno y recibe los vapores de combustión producidos por los quemadores, en esta zona se deben definir algunas variables que se analizaran posteriormente en el funcionamiento del mismo, mientras tanto se citará que la temperatura promedio regular en esta zona es de 500°C .

En la figura 2.40 también se ha procedido a cortar el horno en su totalidad, a razón de ubicar las dimensiones con las que cuenta la zona de radiación del mismo, para lo que se destaca que entre cada soplador existe una distancia física de 75 centímetros, además se representa el esquema de la tubería que pasa a en su interior.

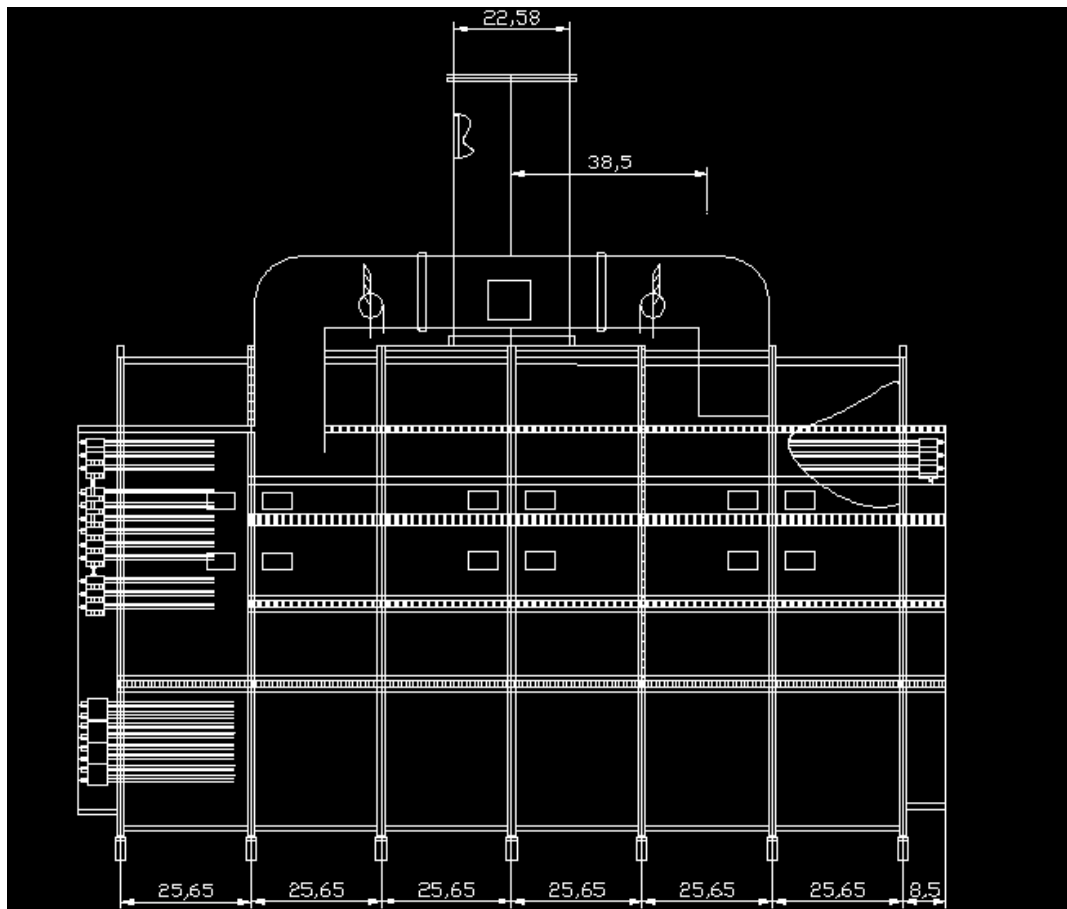


Figura 2.40 Horno TV-H1

El horno TV-H1 es de dos pasos, pues en su entrada superior son dos las tuberías que ingresan y por su parte inferior son también dos las tuberías que salen. A continuación se revisará más profundamente la arquitectura del mismo y sus detalles de operación¹² en la tabla 2.2.

| Condiciones de Diseño | Sección de Radiación | Sección de Convección |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Gravedad Especifica | 7.6 °API | 7.6 °API |
| Flow Rate | 84,807 Kg/Hr. | 84,807 Kg/Hr. |
| Temperatura Interna | 316 °C | 270 °C |
| Temperatura Externa | 484 °C | 490 °C |
| Presión interna | 21.97 Kg/cm ² G | 21.97 Kg/cm ² G |
| Presión externa | 4.58 Kg/cm G | 4.58 Kg/cm G |
| Heat Duty | 16.91 MM Kcal/Hr | 16.91 MM Kcal/Hr |
| Eficiencia | 69.50% | 69.50% |

Tabla 2.2 Condiciones de Diseño del horno TV-H1

2.5.2.1 Diagrama General del Horno

El esquema completo de la estructura y dimensiones del Horno TV-H1, así como el de la tubería que forma parte de la carga hacia el mismo, se indica en la figura 2.41

2.5.2.2 Diagrama de distribución del Horno

El diagrama de Distribución del horno se lo indica en la figura 2.42.

Los detalles de diseño del Horno¹³ TV-H1, tanto en su zona de radiación como en la de convección se la indican en la tabla 2.3.

¹² ECUADORIAN REFINERY PROJECT, JOB NO 34076, VISBREAKER CHARGE HEATER

¹³ ECUADORIAN REFINERY PROJECT, JOB NO 34076, VISBREAKER CHARGE HEATER

| Detalles de Diseño | Sección de Radiación | Sección de Convección |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Calor de disparo Total | 24.34 MM Kcal/Hr. | 24.34 MM Kcal/Hr. |
| Distribución de calor | 16.91 MM Kcal/Hr. | 16.91 MM Kcal/Hr. |
| Temperatura del gas | 566 °C | 566 °C |
| Tasa de descarga de calor | 47,730 Kcal/HrM ³ | 47,730 Kcal/HrM ³ |
| Numero de Pasos | 2 | 2 |

Tabla 2.3 Detalles de Diseño del horno TV-H1

En el año de 1984, la Refinería Estatal de Esmeraldas, amplió su capacidad de producción de barriles de crudo por día, su nueva capacidad productiva era de 90000 barriles diarios.

El trabajo técnico fue realizado por la empresa petrolera TECHIN, en convenio con PETROECUADOR.

Muchas unidades fueron reformadas e incluidas dentro del proceso de producción, entre estos cambios, la planta de VISBREAKING y el Horno TV-H1 también sufrieron modificaciones en lo referente a su estructura y funcionalidad, una de ellas fueron la implementación de los doce sopladores, **en la figura 2.43 presentaremos el diseño con las modificaciones de los instrumentos del horno, y su correspondiente ubicación.**

Cabe recalcar que algunas características de los quemadores ubicados en el Horno también variaron. Las tablas mostradas anteriormente recopilan los cambios realizados y presentan los valores con los que actualmente opera el Horno TV-H1¹⁴.

¹⁴ Manual Técnico de la UOP, I47026, SECCION A.

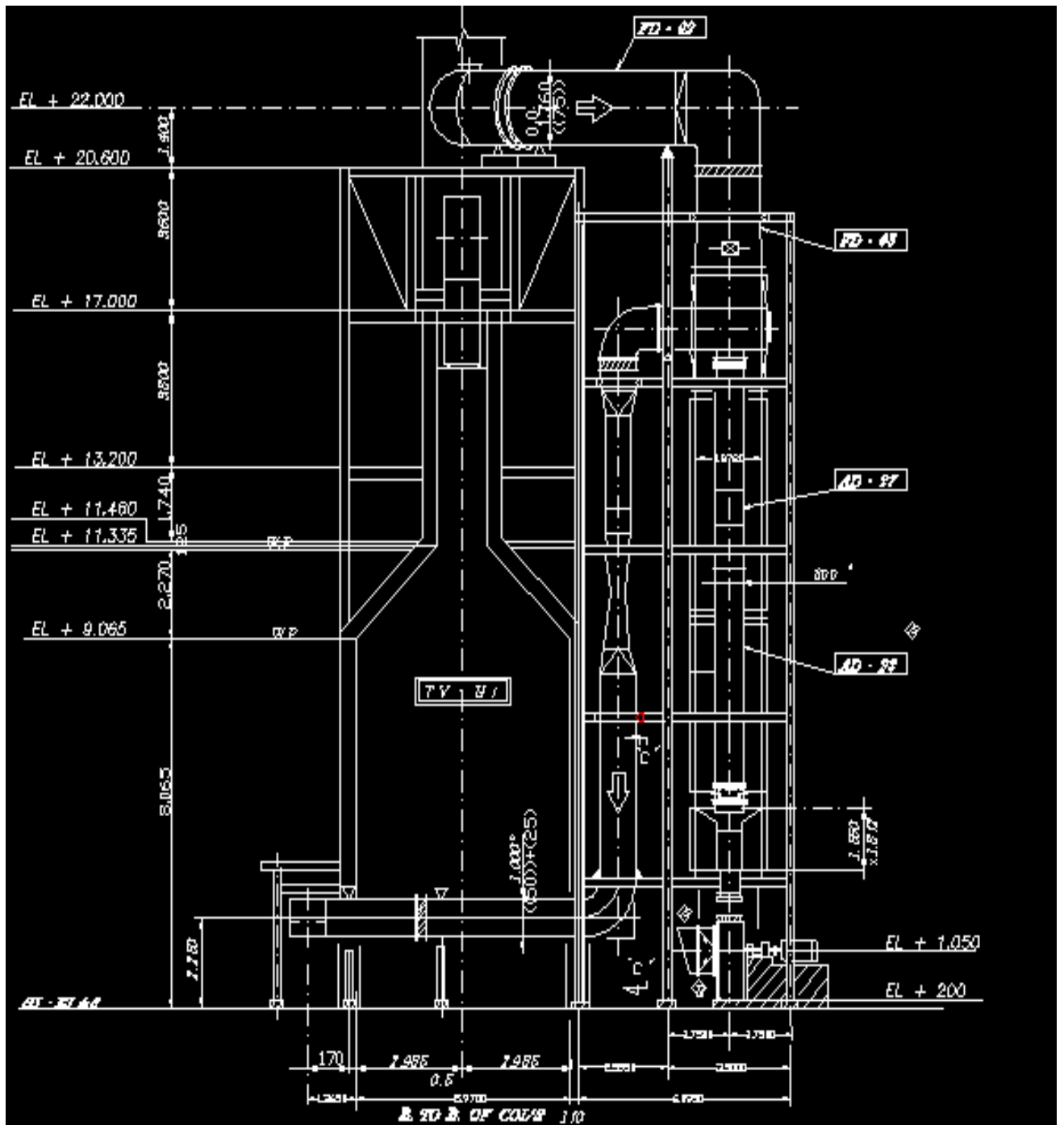


Figura 2.41 Corte Frontal Horno TV-H1

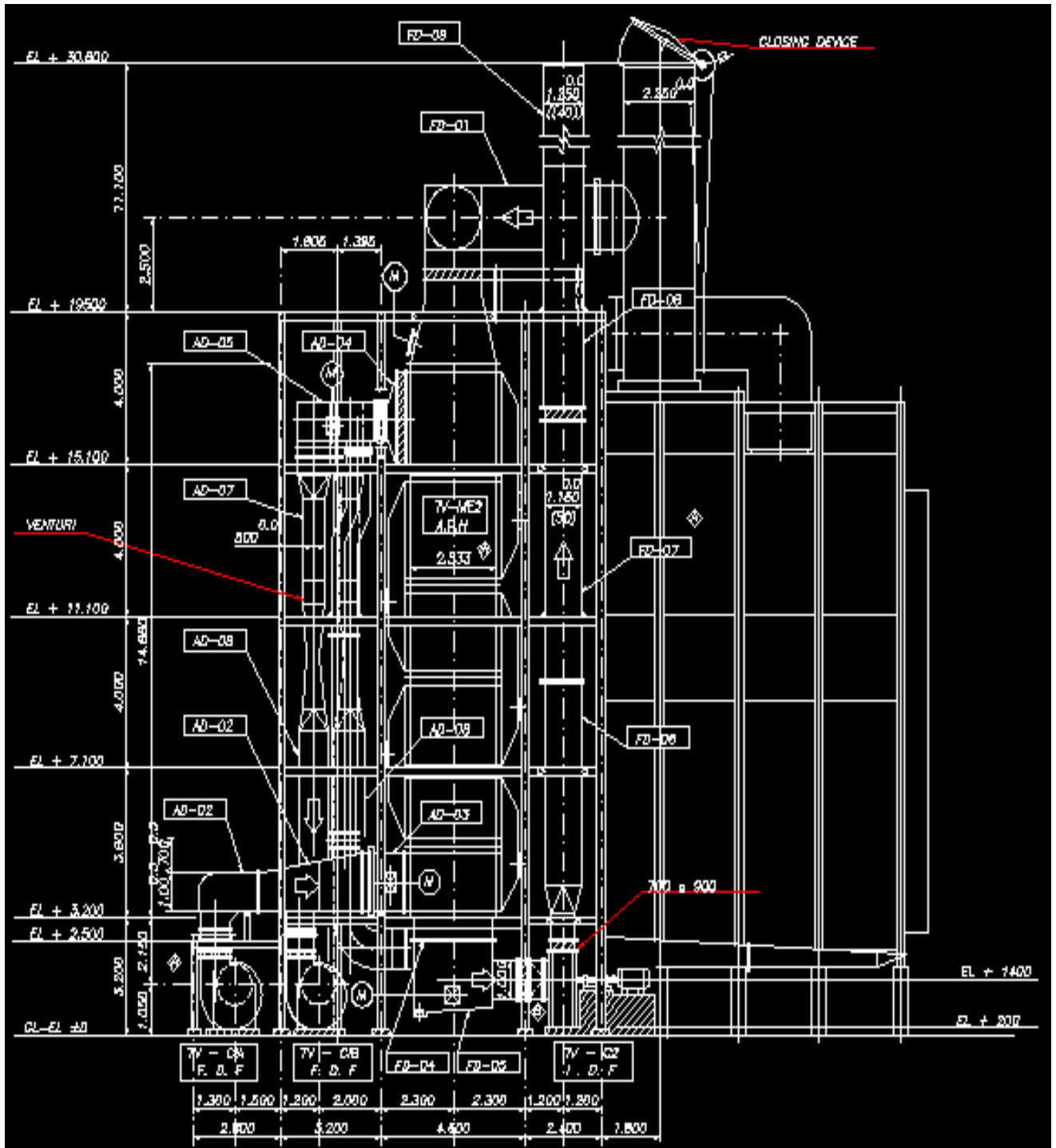


Figura 2.42 Corte Posterior del sistema de Distribución del Horno TV-H1

2.6. ELEMENTOS DEL HORNO.

En todos los diagramas presentados se ha podido notar que en la zona de convección los tubos van hacia un sentido y regresan mediante el uso de una “H”. Esta se la utiliza para cambiar la dirección de flujo del fluido dentro de la tubería, su esquema se refleja en la figura 2.44

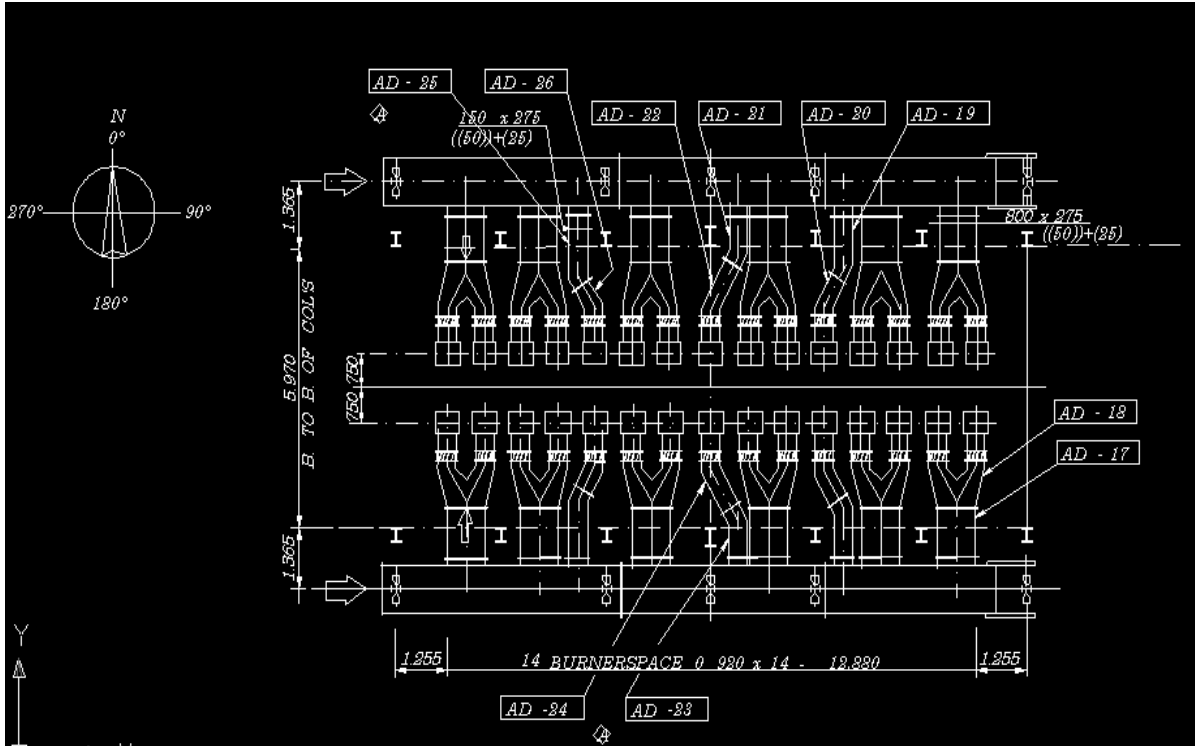


Figura 2.44 Cambio de sentido de Flujo en tuberías

El detalle de la ubicación de las “H”, dentro de la figura 2.44 se detalla en la figura 2.45

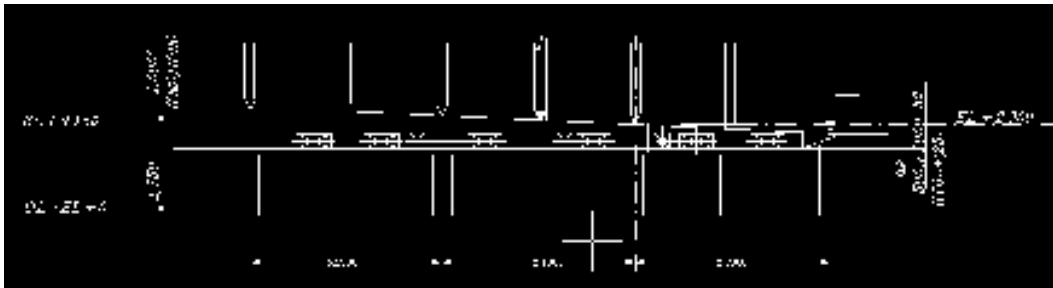


Figura 2.45 Sección De las Tuberías respecto a las “H”.

2.6.1 Quemadores

En los hornos y calderas industriales se pueden utilizar un amplio abanico de combustibles líquidos y gaseosos. Los combustibles líquidos van desde hidrocarburos ligeros hasta corrientes de residuos pesados de la torre de vacío.

Los combustibles gaseosos contienen una mezcla de componentes que pueden ir desde el hidrógeno hasta el butano. La mayoría de los quemadores utilizados en plantas industriales son del tipo combinado, quemando simultáneamente gas y fuel-oíl, pudiendo trabajar también alimentado con un sólo combustible. En la REE los quemadores para el horno estudiado, poseen la arquitectura indicada en la figura 2.46.

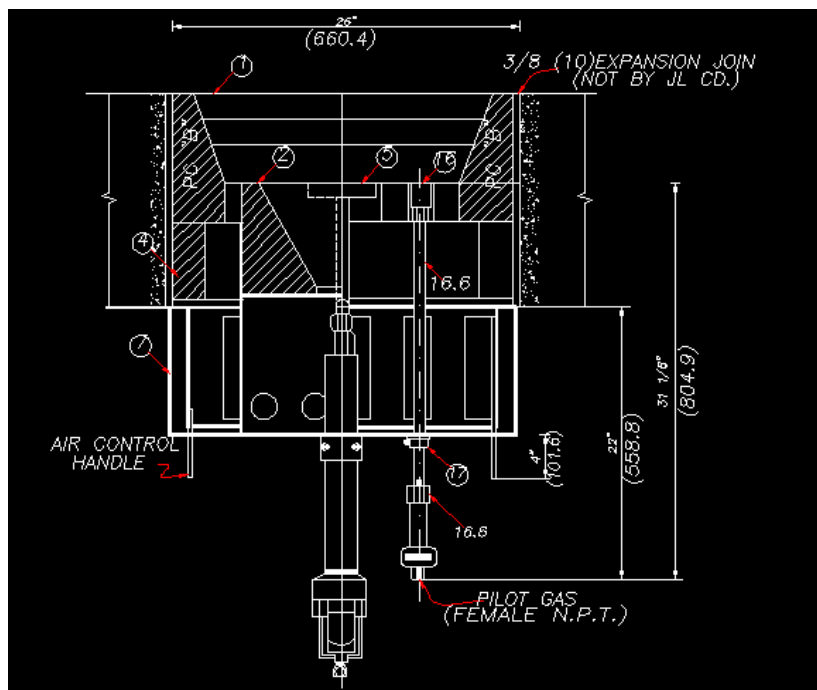


Figura 2.46 Cortes de los quemadores del horno TV-H1

Los quemadores son alimentados mediante un sistema que lo provee del combustible necesario para su operación, la figura 2.47 nos indica dicho esquema.

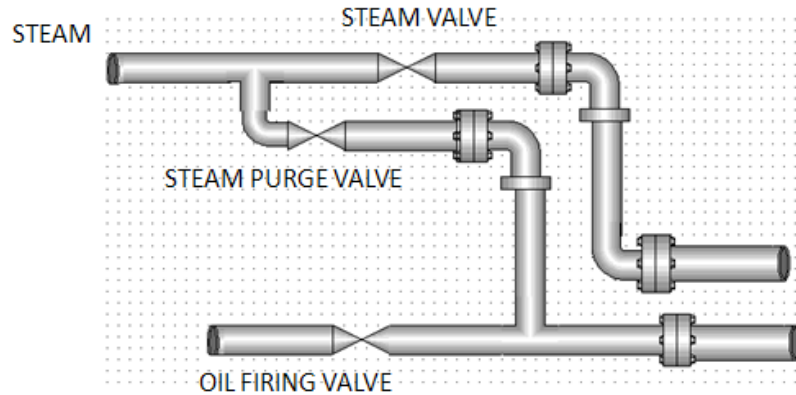


Figura 2.47 Diagrama de pistolas de aceite

2.6.1.1 Características de Los Quemadores

Un resumen de las características de los quemadores¹⁵ se presenta en la tabla 2.4.

| Quemador | Sección de Radiación | Sección de Convección |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tipo | Oíl y Gas Combination | Oíl y Gas Combination |
| Numero | 30 | 30 |
| Disparo Máximo | 0.72 W/APH | 0.94 W/APH |
| Disparo normal | 0.63 W/APH | 0.82 W/APH |
| Disparo mínimo | 0.405 MM Kcal/Hr | 0.405 MM Kcal/Hr |
| Exceso de Aire | oíl: 25% | Gas: 15% |
| Pilot Burner | Requerido | Requerido |

Tabla 2.4 Características de los quemadores del horno TV-H1

2.6.1.2 Mecanismo de la combustión

El mecanismo de combustión varía según el tipo de combustible que se desee quemar. Así podremos distinguir entre combustión homogénea en la que el combustible a quemar es gaseoso, y combustión heterogénea en el caso de combustibles sólidos y líquidos.

¹⁵ ECUADORIAN REFINERY PROJECT, JOB NO 34076, VISBREAKER CHARGE HEATER

En la combustión homogénea, la reacción química comienza tan pronto como la mezcla de combustible y aire tiene lugar. La mezcla del combustible con el aire se produce a consecuencia de la turbulencia que se induce en la corriente aire/gas a la salida del quemador y las diferencias de densidad entre la llama y los alrededores.

La combustión heterogénea necesita un mayor tiempo de ignición, requiriendo los combustibles líquidos una atomización previa a la combustión.

2.6.1.2 .1 Características

Para poder utilizar el calor liberado en la combustión es necesario controlarlo. El quemador es un dispositivo mecánico diseñado para producir una llama estable, con una forma y tamaño predeterminados.

Los combustibles líquidos se rompen en pequeñas gotas por medio de un atomizador. Fuel-oil y gas se introducen dentro de la corriente de aire de combustión para asegurar una buena mezcla y estabilizar la base de la llama. La gama de combustibles, líquidos y gaseosos, que se queman en este tipo de elementos es tremendamente amplia.

El diseño del quemador varía dependiendo de la clase de combustible a usar, ya que el tratamiento del mismo para conseguir una buena combustión es diferente.

Así se puede establecer una distinción entre quemadores dependiendo del combustible de alimentación. Existen quemadores de gas, quemadores de combustibles líquidos, y quemadores combinados, donde se queman conjuntamente combustibles gaseosos y líquidos.

2.6.1.3 Quemadores de Fuel-Oil.

Aunque existe una gran variedad de combustibles líquidos que pueden usarse para alimentar a los quemadores de un horno de proceso, el fuel-oil es quizá el más empleado, debido en parte a su reducido coste.

Si bien lo explicado se puede extrapolar a otro tipo de combustible líquido, se pueden variar las condiciones de operación debido a las características físicas del nuevo combustible. Como ya se ha dicho con anterioridad, “para lograr una combustión eficiente y controlada de un fuel-oil es necesaria su atomización previa¹⁶”.

Esto sólo ocurre con los combustibles líquidos, ya que los gaseosos se quemarán directamente. Debido a esta característica los quemadores de fuel-oil deberán ir dotados de un atomizador, elemento que no aparece en un quemador de gas. El diseño del atomizador dependerá del método utilizado para llevar a cabo la atomización del combustible.

2.6.1.3.1 Atomizador de chorro a presión.

El combustible se atomiza a consecuencia únicamente de la alta presión a la que es expulsado por la boquilla de la caña.

2.6.1.3.2 Quemador

El fuel-oil una vez atomizado pasa a través de la boquilla de la caña Introduciéndose a continuación en la corriente de aire de combustión, verificándose la mezcla con ésta previa a la combustión.

La calidad de la atomización depende del tamaño de gota alcanzado en el atomizado, y de la dispersión de este a la salida de la boquilla de la caña.

La intensidad de la atomización producida, en un mismo atomizador, depende de la cantidad de fluido atomizador empleado y de la presión del mismo. Así, cuando por las características de la alimentación la atomización sea insuficiente se puede conseguir una mayor intensidad en esta aumentando el flujo de vapor al quemador.

El flujo del quemador se lo indica en la figura 2.48

¹⁶ REPSOL YPF , DOCUMENTATION, CHARGE AND HEATERS, 1989.

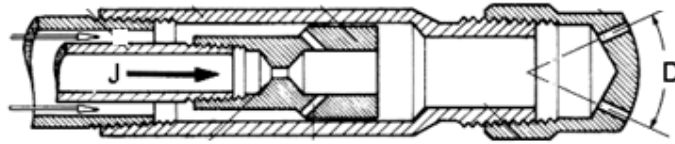


Figura 2.48 Flujo de vapor del Quemador

2.6.1.4 Quemadores combinados

Los quemadores combinados consisten en una asociación de cañas fuel-oil y cañas gas para permitir la combustión combinada de ambos tipo de combustible. Con ellos se tiene una mayor flexibilidad de suministro de combustible al horno o caldera, al poder quemar uno u otro, o los dos simultáneamente. El piloto de un quemador combinado se lo indica en la figura 2.49.

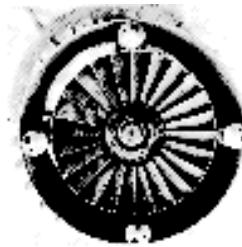


Figura 2.49 Piloto del quemador Combinado

Normalmente, en operación el caudal de fuel-oil quemado será constante, respondiendo a las variaciones de demanda de calor del horno variando la cantidad de gas en la alimentación del quemador.

2.6.1.4.1 Pilotos de gas

Cada quemador va dotado de al menos un piloto de gas para asegurar el encendido de la llama principal.

El piloto tiene su alimentación de gas independiente a la del quemador principal de forma que no se vea afectado por los posibles fallos que pudieran existir en la línea principal de alimentación de combustible al quemador.

De este modo, se puede asegurar que una fluctuación repentina en el suministro de combustible al quemador que provoque la extinción instantánea de la llama, no afecte a la llama piloto, permitiendo el nuevo encendido de la llama.

2.6.1.4.2 Alineamiento del quemador

En un quemador es esencial que todos los componentes del mismo estén colocados en una posición relativa correcta unos de otros y concéntricos respecto al eje central del quemador.

De otra forma, la estabilidad de la llama y la eficacia de la combustión se verían afectadas.

2.6.2. Características de las tuberías

Las características de las tuberías del sistema de soplado de hollín se resumen en la tabla 2.5

| Tubería | Sección de Radiación | Sección de Convección |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Diámetro de salida | 107.95 M.W mm | 107.95 M.W mm |
| Material | A200 -T7 | A200 -T7 |
| Grosor de las paredes | 9.53 mm | 9.53 mm |
| Diámetro | 215.9 mm | 215.9 mm |
| Cantidad | 88 | 60 |
| Longitud efectiva | 15,240 mm | 4.58 Kg/cm G |
| Superficie | 456 M | 310 M |

Tabla 2.5 Detalles de Tuberías

2.6.3. Características de los FANS

Las características de la ventilación del Horno TV-H1 se resumen en la tabla 2.6

| FANS | F.D FANS | I.D FANS |
|------------------------------|--------------|--------------|
| Condiciones de Diseño | | |
| Numero | 2 | 1 |
| Servicio | aire | flue Gas |
| Flow Rate | 48410 Kg/hr. | 40080 Kg/hr. |
| Temperatura | 15°C | 155°C |
| Presión de succión | Hold | Hold |
| Driver | Motor | Motor |

Tabla 2.6 Detalles de Ventilación

2.6.4. Combustibles

Las características del combustible utilizado por los quemadores del Horno TV-H1, para ambas del horno se resumen en la tabla 2.7

| Condiciones de Diseño | Sección de Radiación | Sección de Convección |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| FUEL | | |
| Tipo | Fondos de vacío | Mezcla de Gas de refinería |
| Gravedad específica | 7.6 °API | 1.16 °API |
| Viscosidad | 200 SSU a 200 °C | --- |
| Valor de calentamiento | 9,450 Kcal/Kg. | 16,000 Kcal/N ³ m. |
| Tasa de consumo normal | 2,576 Kg/Hr. | 1,520 N ³ m / Hr. |
| Tasa de consumo máxima | ----- | ---- |
| Temperatura de Operación | 243 °C | ---- |
| Presión de operación | 5.28 Kg/cm ² G | 1.41 Kg/cm ² G |

Tabla 2.7, Composición de Combustibles

2.7. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO

Para el funcionamiento del horno, la parte esencial para cumplir su funcionalidad es el correcto funcionamiento de los quemadores.

Habiendo uno en cada hogar, su funcionamiento se basa en la inyección del Combustible, para luego producir la combustión, y dar paso a la llama que procederá a calentar los tubos que se encuentran en el interior y sobre los Hogares del Mismo.

El proceso de combustión de la llama se lo indica en la figura 2.50.

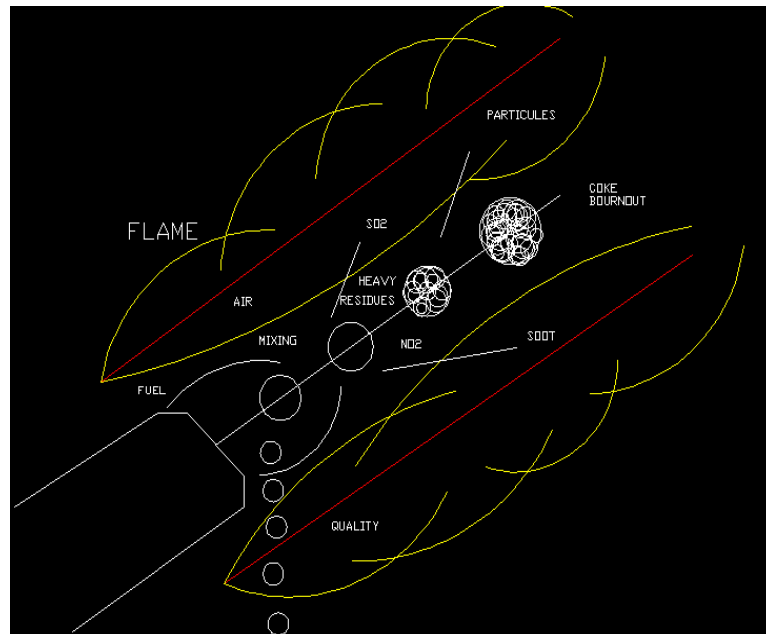


Figura 2.50 Reacción Química

La combustión comienza por los componentes más ligeros que se vaporizan tan pronto como las gotas de combustible salen del atomizador y entran en la zona de combustión. El residuo pesado que queda sufre una pirólisis debido a la alta temperatura de la combustión causando la formación de humo.

Una atomización insuficiente resulta en un goteo de combustible que no se quema. El carbón residual o coque que queda tras la pirólisis es arrastrado al exterior en forma de partículas sólidas.

Idealmente, la materia carbonosa debería quemarse completamente con objeto de reducir al mínimo posible las partículas sólidas arrastradas por los gases de combustión.

“En la práctica, en el caso de un horno de refinería las partículas sólidas arrastradas por los gases de combustión contienen habitualmente más de un 90% o más de material carbonoso¹⁷”.

¹⁷ Vázquez López Virgilio, **Automatización y Control**, Editorial McGraw-Hill, 6.ª edición, 2004.

Los quemadores de gas sólo necesitan establecer la proporción de los volúmenes de aire y gas, y asegurar su íntima mezcla. Pero los quemadores de fuel-oíl tienen que preparar el combustible fragmentándolo en pequeñas partículas para dejar expuesta la máxima superficie posible a fin de que el calor del horno lo convierta rápidamente en vapor.

Las operaciones de mezcla, encendido y combustión se producen en el pequeño intervalo de tiempo que emplean el combustible y el aire en trasladarse desde el quemador hasta la entrada a la chimenea.

El horno es de dos pasos, es decir, ingresan por su parte superior dos Tuberías de diámetro mayor que se subdividen en los serpentines, los mismos que se trasladan por las dos zonas del horno, ganando temperatura en cada ida y regreso por las, para luego ir a cada uno de los hogares del horno, en donde la temperatura se incrementa.

Al final del proceso abandonan el Horno por su parte inferior y a la temperatura requerida. Las paredes del horno se han construido de forma y con materiales especiales para no permitir que el calor de su interior se escape hacia el exterior, por lo que nos permiten mantener la temperatura en ambas zonas del Horno.

2.8. UBICACIÓN DEL SISTEMA EN LA PLANTA

El sistema de soplado de Hollín, para el horno TVH1, forma parte del proceso de VISBREAKING, en donde el crudo se calienta mediante intercambio térmico, por lo que un correcto funcionamiento del horno, es fundamental para alcanzar la temperatura adecuada.

La reducción de viscosidad es un proceso térmico de rompimiento molecular mediante el cual moléculas de gran tamaño son divididas y convertidas en moléculas de menor tamaño y viscosidad.

La carga a estas unidades está constituida por fondos de vacío, caracterizadas por la alta viscosidad. Los productos a los que se convierte la carga mediante la acción térmica son: gas combustible utilizado como combustible interno de refinería; gasolina que luego de tratada es componente de las gasolinas extra y súper; destilado que forma parte del

diesel producido y residuo que constituye la base para la preparación de fuel oil No. 4 – 6¹⁸. Este proceso se ilustra en la figura 2.51

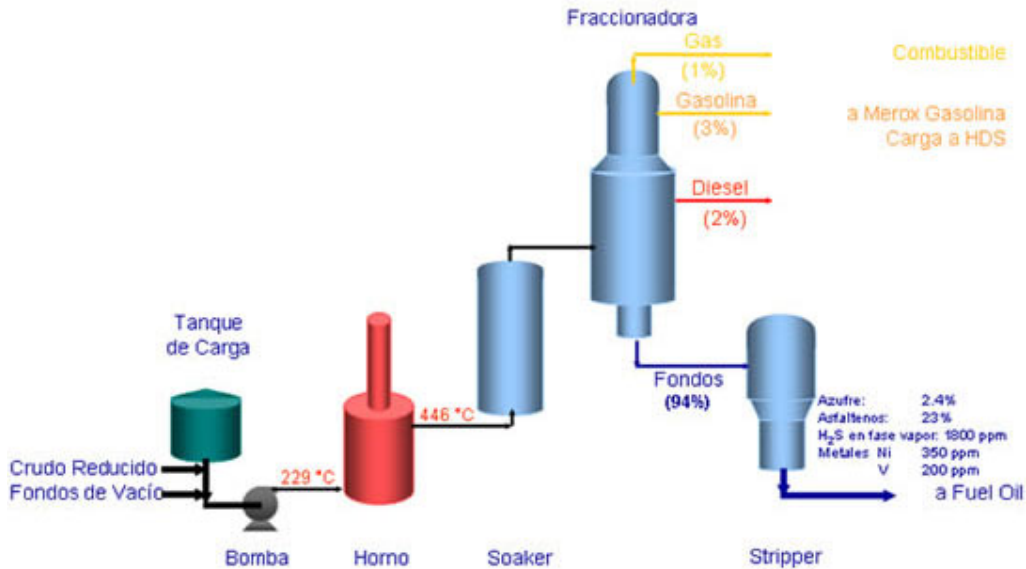


Figura 2.51 Ubicación del Sistema en la Planta

El corazón del proceso de ruptura térmico es el calentamiento del proceso. En la figura 2.51 se pudo notar en rojo el horno, el mismo que cumple dicha función.

Un pobre diseño del calentador resultara en un excesivo coking y un acortamiento de su duración. Un correcto diseño del calentador requiere, no únicamente conocer los principios de transferencia del calor, si no también una entera consideración y entendimiento de la velocidad de la reacción de ruptura.

En el punto de ruptura térmico la velocidad de su reacción esta dada por el por la relación de la producción del material de baja tas de ebullición.

Los residuos de la torre de vacio se vende como fuel oil, desde que este producto tuvo una caída en su precio, las refinerías tratan de minimizar su producción, mediante una operación de rompimiento térmico a baja presión, llamada VISBREAKING.

¹⁸ <http://www.petroindustrial.com.ec/frontEnd/main.phpdSeccion>

El mismo que reduce la producción de fuel oil alrededor de un 20 por ciento. Aproximadamente el 10 por ciento de la carga se convierte de gas a gasolina, y la reducción en viscosidad y la cantidad de excesos, reducen los requerimientos de Cutter Stock.

En posteriores desarrollos de Visbreaking, se abasteció el equipo para recuperar una pequeña cantidad de diesel y con la adición de una columna de vacío algún cracker catalítico se recuperó también.

Este no es un proceso tan severo como lo es el craqueo, por lo que a veces se utiliza la misma torre de topping o destilación atmosférica para realizar este tipo de corridas, si no se cuenta con una etapa del proceso dedicada para ello.

Si este fuera el caso, la temperatura de los hornos debe elevarse más de lo que suelen operar, dependiendo de la carga. Se debe estar seguro que las tuberías de los hornos y en general todos los equipos resistirán operar a temperaturas más altas que lo "normal", y se debe monitorear constantemente las bombas de fondos para evitar un sobrecalentamiento.

A menudo la carga puede consistir de un residual o petróleo industrial, asfaltos, o mezcla de ellas con cierta proporción de hidrocarburos con 25° - 35° API, entre ellos diesel, gasóleo liviano, etc. Estos compuestos ayudarán al flujo ascendente de gases a través de la columna, ayudando a evitar la inundación del fondo y por consiguiente originando el descontrol térmico de la columna por un sobrecalentamiento.

Llevar a cabo algún tipo de craqueo es muy peligroso, ya que la columna no es un equipo diseñado para tal fin. Al aumentar la temperatura de los hornos ciertas moléculas pesadas se empezarán a romper en hidrocarburos de cadena más cortas, consiguiendo con esto que la viscosidad así como la densidad del mismo cambien a tendencias un tanto más ligeras. El enfriamiento posterior de las corrientes laterales debe ser esencial, y se realiza al igual que una destilación de topping, intercambiando calor con la carga, a manera de tener una buena integración energética.

Por lo cual podemos resaltar la importancia de una correcta temperatura de calentamiento del horno, la misma que no se alcanzará sin la constante acción de los sopladores para mantener la eficiencia de trabajo del Horno, pues la acumulación de

residuos como el hollín produce que se requiera más combustible en el quemador para alcanzar las mismas temperaturas. Por todo lo anteriormente descrito, se puede notar que el sistema de soplado de hollín forma una parte medular en la funcionalidad del Horno TV-H1 y el mismo es también fundamental dentro del Proceso de Visbreaking.

Resumiendo las características del sistema de soplado se podrá decir que dentro del horno TV-H1 el sistema de soplado de Hollín, consta de doce motores trifásicos AC, los mismos que manejan igual número de sopladores retráctiles, dos electroválvulas de presión y vapor respectivamente, y switches de fin de carrera para el posicionamiento de los sopladores.

En la actualidad el proceso se lo maneja manualmente mediante un proceso electromecánico, requiriéndose para su activación, que el operador pulse secuencialmente botones ubicados en un panel de control, el mismo que se ubica en las cercanías del proceso, es decir cerca del horno.

2.8. DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.

2.9.1 Cracking Térmico

El cracking térmico es un antiguo y simple proceso. Se basa en la reducción de la masa molar y del tamaño molecular por acción del calor.

A temperaturas en el rango de 450-500 C, las moléculas de hidrocarburos se vuelven inestables y tienden a romper sus enlaces para llegar a moléculas más pequeñas, en forma aleatoria. Las variables involucradas en este proceso son el tiempo (tiempo de residencia), la temperatura y la presión, como para lograr una conversión más controlada, que también, por supuesto, depende de la alimentación utilizada.

En la práctica, la alimentación a una unidad de cracking térmico es una mezcla de hidrocarburos, normalmente de alto peso molecular, proveniente de las unidades de topping o de destilación al vacío del crudo. Las moléculas parafínicas de cadenas largas, se rompen en moléculas más pequeñas, pero esas moléculas pequeñas aún pueden seguir rompiéndose, a través de los enlaces C-C.

La cantidad de átomos de hidrógeno presentes en la molécula principal, es insuficiente para proveer la cantidad necesaria a cada átomo de carbono, por lo cual, se forman compuestos olefínicos (alquenos) como productos.

La ruptura generalmente se realiza por un mecanismo por radicales libres. Los hidrocarburos parafínicos, son solo una pequeña parte de los residuos de petróleo, ya que, hay hidrocarburos cíclicos y aromáticos. En estos casos, es importante tener en cuenta, que la ruptura se realiza en las cadenas parafínicas laterales de las moléculas, no en los anillos.

También otras reacciones secundarias se producen, tales como la polimerización de olefinas y de aromáticos, la condensación, que pueden conducir a problemas indeseables como la mayor formación de coque.

Los productos finales consisten en gas, hidrocarburos livianos en los rangos de naftas o gas oíl y productos más pesados. La máxima conversión que puede obtenerse, estará determinada por la calidad de los productos de fondo de la unidad de cracking térmico (residuo).

El mencionado residuo, pasa a formar lo que se llama fuel oíl, que va a una unidad de mezclado o Blending de fuel oíl en refinería. Si el cracking fue realizado a “alta severidad”, la corriente de fuel puede volverse inestable luego de mezclarse con corrientes de dilución. Por ello, en refinería debe regularse la severidad de la unidad de cracking térmico. El cracking térmico se introdujo en las refinerías hace más de 80 años atrás, para la producción de naftas.

Las unidades eran pequeñas, ineficientes energéticamente (consumían mucho fuel). Sin embargo, en las décadas del '20 y '30, hubo un incremento muy importante en la capacidad de las unidades de cracking térmico, con el proceso DUBBS de la firma UOP. Sin embargo, debe considerarse que el cracking térmico, para la fabricación de naftas, fue perdiendo terreno por la aparición del cracking catalítico, que lleva a naftas de mayor octanaje, por lo cual, hoy el cracking térmico se utiliza por ej. Para los residuos correspondientes a cortes medios o pesados de destilación (gasoils), residuos cortos para reducción de viscosidad (visbreaking), residuo corto para producción de bitumen, cera para olefinas para la fabricación de productos químicos, eteno de naftas y de gases de refinería, fabricación de coque, para fuel o fabricación de electrodos.

Los procesos que usan el cracking térmico son, VISBREAKING, Producción de Gas Oíl, y Unidades de Coque.

2.9.2 Visbreaking

Visbreaking (REDUCCION DE VISCOSIDAD) reduce la viscosidad de los residuos sustancialmente, por lo cual, se disminuye la utilización de diluyentes y la cantidad de fuel oíl producido en refinería. La corriente de alimentación, se precalienta, se envía a un horno para llegar a temperaturas de cracking de 450-460 °C.

El cracking tiene lugar en una cámara de reacción, que se encuentra luego del horno. Los productos que salen de la cámara de reacción, se enfrían rápidamente para frenar la reacción de cracking (previene la formación de coque).

Luego de esto, los productos entran a un fraccionador a temperaturas de 300 a 400°C. Los productos obtenidos de fraccionamiento son: gas, nafta, kerosene, gasoil y residuo. Ese residuo, tiene menor viscosidad que la alimentación al visbreaker. Las nuevas cámaras de reacción o soakers están equipadas con internos que reducen los efectos de retro mezclado, maximizando la reducción de viscosidad. La temperatura de cracking aplicada está entre 440-450 °C a una presión de 5-10 bares en la cámara de reacción o soaker. El fraccionador puede operarse a 2-5 bares.

2.9.2.1 Visbreaking para Fuel Oíl.

Es una operación de rotura térmica moderada de una vía, donde su principal objetivo es obtener en el total de crudo una pequeña cantidad de fuel oíl de una viscosidad específica.

Esto se logra mediante la refinación del barril original en el que se encuentra las especificaciones del fuel oíl en los residuos de Visbreaking.

La gasolina y el gas producido rara vez exceden el 10 por ciento del peso de la carga, si se desea cerca de un 10 por ciento de volumen de un destilado de peso ligero puede ser producido. Las variables más importantes aplicadas a la operación térmica de rotura son:

- ✚ Propiedades de la carga

- ✚ Temperatura de rotura
- ✚ Tiempo de operación

Incrementando la severidad aumenta la producción de gas y gasolina, y al mismo tiempo reduce la viscosidad del residuo de rotura. Unas condiciones muy severas de ruptura dan como resultado un Fuel oil inestable, que es, un Fuel oil con un alto contenido de bitumen, el mismo que aumenta el calor del almacenamiento.

2.9.2.2 Visbreaking para Gas Oil.

En este tipo de operación de ruptura, los productos son gas, gasolina, destilados ligeros, gas oil al vacío. Parte de este residuo de vacío puede ser quemado internamente en la refinería como combustible y el resto se combina para formar el Fuel oil número 6¹⁹. Las variables mencionadas con anterioridad también se aplican al Visbreaking para recuperar el gas oil al vacío.

También las variables de temperatura y presión se pueden aplicar a la operación del vacío. Como una regla general, y dependiendo de la profundidad se puede determinar las propiedades residuales al vacío, siendo posible 'convertir de 15 a 40 por ciento de volúmenes de los productos no destilables a destilables.

El único cambio al Visbreaking anterior es la adición de una columna de vacío. Dependiendo de la profundidad requerida un calentador para la columna de vacío puede o no ser requerida. La vuelta del gas oil liviano, a la columna principal por refracción mejora la recuperación de un destilado ligero.

2.9.3 Transferencia de temperatura

La temperatura de la carga cuando deja el calentador se determina con el tiempo de operación del combustible en el calentador y el grado al que se efectúa la ruptura. El aumento de la temperatura y un tiempo de operación más largo, determinan, en su nivel

¹⁹ **Apuntes Curso TYRO**, Ing. Edgar Ibarra

más alto el grado de conversión y en su punto más bajo la cantidad y viscosidad del residuo.

La transferencia de temperatura es controlada por una proporción del tiempo de encendido del calentador; el tiempo de operación depende del flujo volumétrico total a través del calentador, incluyendo ambos aceite y vapor inyectado.

Para producir un determinado grado de conversión de gas más gasolina, ambos parámetros deben ser ajustados. De todas formas los experimentos indican que con una alta carga, el residuo del cracked se estabiliza cuando se aumenta la severidad. Esto implica que se aumente la inyección de vapor y que se disminuya el tiempo de operación, lo cual trae una elevación de costos.

2.9.4 Proceso de Flujo

La carga principal del visbreaking viene del fondo de vacío, hacia la planta de visbreaking original. La alimentación para el surge drum pasa a través del residuo de carga, y desde el cabezal hacia TV-E1. El hidrocarburo pesado es bombeado como carga al Horno TV-H1. Los quemadores se encuentran en los dos hogares del Horno, con controladores separados para cada uno, y alimentados con Fuel gas, Fuel oil o ambos. TV1-H1 es un horno con un precalentador de aire para combustión

2.9.5 CALIDAD DE PRODUCTOS

Los productos de cracking térmico no son adecuados para ser comercializables, requerirán posterior refinación o tratamiento como para mejorar su calidad, particularmente, el contenido de azufre y olefinas debe ser limitado a especificaciones.

Hoy se utilizan procesos con hidrógeno o Hydrotreating, para naftas y gasoil. Los gases deben ser desulfurizados antes de ser utilizados como fuel gas en refinería. El residuo contiene normalmente asfaltenos, que están dispersos en forma coloidal en el crudo de forma natural. Esos asfaltenos pueden precipitar en el fondo de los tanques de almacenaje formando barros residuales.

Para un mejor entendimiento del proceso en la REE, graficaremos el diagrama de flujo de Bloques²⁰, en la figura 2.52 n donde observaremos, la posición o la distribución del mismo dentro del proceso de producción.

²⁰ UOP Process, Job No. 147026.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SOPLADO DE HOLLÍN

3.1. REQUERIMIENTOS DE CONTROL

3.1.1. Control de presión

Cuando la presión en la línea cae, no es suficiente, o se encuentra por debajo del valor adecuado, el proceso debe pararse sea cual fuere su estado. Un sensor de presión se encuentra ya instalado en la línea. El sensor se representa por el Switch de presión ya antes analizado.

- ✚ Una vez parado el proceso, el controlador debe estar en la capacidad de reconocer el soplador que estaba en funcionamiento, parar su servicio y regresarlo a la posición inicial.
- ✚ El siguiente no debe empezar.
- ✚ Las válvulas deben mantenerse en la posición actual al momento de presentarse la falla.

Una vez que la medida de presión en la línea vuelve a ser la adecuada, la secuencia de soplado se debe reiniciar de manera automática. Para su reinicio se puede tomar dos condiciones, decididas por el operador. Puede empezar desde el primer soplador, o desde el soplador en el cual se paro el servicio. Se debe presentar un aviso o alarma en la Interfaz y en el panel principal, que indique la ocurrencia del problema.

Para cumplir este requerimiento, podremos realizar un control de sobre posición, el mismo que permita un funcionamiento normal de los sopladores dentro de un rango de presión en la línea de vapor.

3.1.2. Control de sobrecarga térmica.

En el caso de presentarse un defecto en el motor, mediante un relé térmico, la secuencia debe ser parada, y dar una alarma en el panel y en la Interfaz. Cuando esto ocurra se deben tomar las siguientes precauciones:

- ✚ La Válvula Principal de Presión “VV” debe ser cerrada y La Válvula Principal de Purga “VP” debe ser abierta.
- ✚ El soplador debe ser puesto en la posición inicial inmediatamente el control de emergencia manual.

En la interfaz, al igual que en Panel principal, deberá existir un aviso luminoso, el mismo que indica el inicio y el fin de ciclo de cada soplador.

Entonces el soplador que no tenga este aviso luminoso, luego del último encendido, será el soplador en el cual se paro el proceso. El control de emergencia manual, permite mediante una llave, llevar al soplador a su posición inicial físicamente.

En la parte manual, cuando se solucione el problema, como se desactivo el Switch individual “CMi” desde el panel, se debe únicamente dar un pulso en el Reset térmico mediante la activación del Switch BTH y pulsando el Botón SDC, para resetear todo el sistema. Mientras que desde la interfaz se debe reiniciar el proceso mediante el pulso del botón terminar secuencia..

3.1.3. Avisos Luminosos y Alarmas

El panel deberá permitir la verificación del estado de las luces mediante la opción de TEST LIGHT, y la interfaz deberá permitir el funcionamiento de alarmas sonoras para las principales fallas dentro del proceso, de manera que al operador le resulte fácil ubicar el origen del problema inmediatamente una vez que el mismo se presente .

3.1.4. Mando Manual y Automático

El operador deberá controlar el proceso de forma automática y la interfaz manual será retirada para evitar los gastos de mantenimiento, por lo cual se podrá realizar el soplado desde una ubicación remota, lo cual conlleva todas las ventajas ya analizadas sobre empezar el soplado localmente desde la Planta, como hasta ahora se lo ha manejado.

Debido a que el control será automático el modo manual se dará en alguna situación fuera de la operación normal, cuando exista daño en los relés térmicos por ejemplo.

3.1.5. Control de Sopladores.

Dentro de la Parte automática, se debe variar el tiempo de operación de cada soplador, de manera que su funcionamiento sea más eficiente, sin embargo, no existen elementos que censen la cantidad de hollín que limpia un soplador durante su recorrido, además el movimiento del motor se lo realiza a una velocidad que se podrá considerar cerca de la velocidad mínima.

Por estas razones, colocar un variador de velocidad para disminuir el giro del motor y aumentar el tiempo de recorrido del soplador es una opción que a más de su costo, no será la más eficiente, pues no existe un método para comprobar sus resultados.

La mayor acumulación de tubería se encuentra al final de la carrera del soplador, por lo que se procederá a colocar un timer que apague el motor una vez que se active el Switch de límite de carrera, y después de un tiempo escogido por el operador, permita prenderlo e invertir su giro.

El vapor concentra su presión en cada soplador, y empieza su flujo por el mismo, una vez que el motor empiece su recorrido y mecánicamente libere el cierre sobre la línea de presión, por lo que el apagar el motor en el final de la carrera de cada soplador, no detendrá el flujo de vapor, ni disminuirá la presión del mismo. El proceso se lo realizará cada 4 horas de forma automática, empezando por el primer soplador hasta el doceavo soplador.

3.2. DISEÑO

En esta etapa del proyecto, una vez ya analizadas a fondo las características del Sistema de soplado, sus componentes y su entorno, se procederá a seguir los pasos de la figura 3.1.

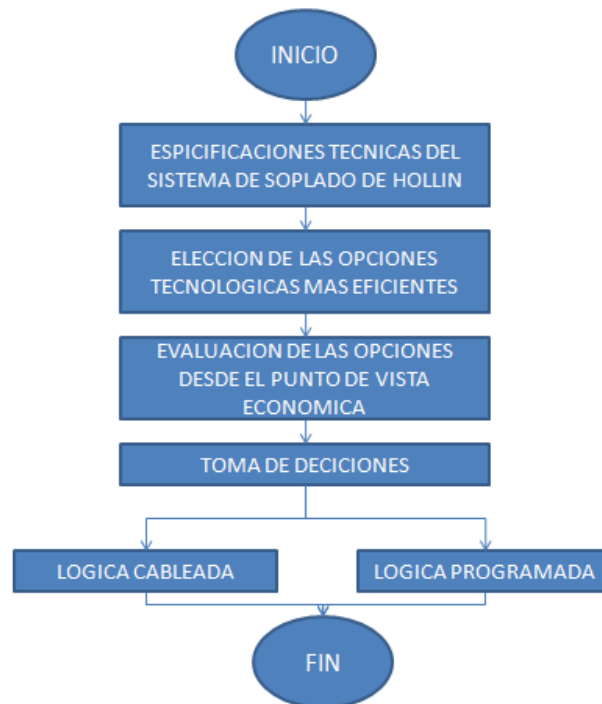


Figura 3.1 Elección del Modo de Control

Entonces queda por precisar la manera en que el controlador y el nivel de supervisión operarán sobre los actuadores y sensores del proceso, sin embargo empezaremos por definir las características de los componentes para la automatización, para en un capítulo posterior precisar a detalle el análisis económico. Entonces, el controlador debe ser capaz de brindar las siguientes ventajas:

- ✚ Manejo fácil
- ✚ Escalabilidad
- ✚ Resistentes al ambiente del proceso, entre el Polvo, Vibración, Gases, etc.
- ✚ Ventajas de comunicación con el resto de Controladores de la planta.
- ✚ Poco espacio de ocupación
- ✚ Fácil mantenimiento

✚ Fácil Diagnóstico de Fallas

El nuevo sistema debe ser capaz de minimizar el número de componentes, minimizar el número de fallas, minimizar el tiempo de operación del sistema para los mismos niveles de producción, y Obtener flexibilidad en el funcionamiento del sistema para los mismos niveles de producción.

Por esta razón, el proceso será controlado mediante un PLC, pues cumple con los requerimientos anteriores, y la supervisión y manejo centralizado del proceso se lo realizará mediante el programa computacional, que cumpla con los siguientes requerimientos:

Monitoreo, obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, los mismos que se muestran como números, textos o gráficos de manera que faciliten la interpretación del proceso.

Supervisión, Ajustar las condiciones de trabajo del proceso desde el computador.

Alarmas, reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlos basándose en los límites de control establecidos en los requerimientos.

El esquema de control más general y del cual nos basaremos para nuestra aplicación será el indicado en la figura 3.2.

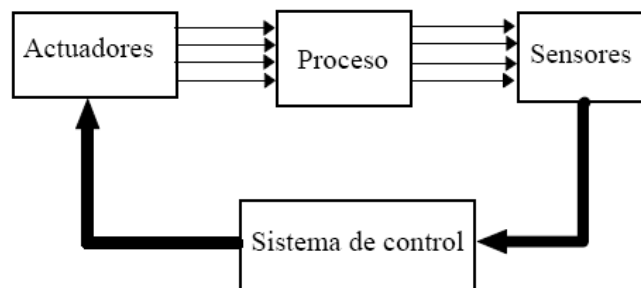


Figura 3.2 Esquemas de Control.

Debido a las condiciones del proceso, el tipo de control a utilizar es ON-OFF, pues las señales que se envían a las electroválvulas son únicamente abrir y cerrar las mismas, sin necesidad de variar su apertura.

La señal de los Switch del motor es para invertir su sentido de giro únicamente y el Switch de presión se abre y se cierra dependiendo del flujo del mismo, enviando una señal de abierto y cerrado al sistema. Se deberá colocar un Timer para emular al temporizador existente, de manera que controlemos el sincronismo de las válvulas entre sus estados.

El variar el tiempo de soplado de Hollín de cada quemador podría representar una ventaja pues el que cada soplador demore más, significaría que se podría llegar a realizar una mejor calidad de limpieza de los tubos, lo que se traduce en encender el sistema con un mayor transcurso de tiempo entre cada funcionamiento, lo cual implica muchas ventajas como un ahorro de energía, entre otras.

El operador podrá también variar el orden de soplado según vea su necesidad. El manejo desde la computadora será capaz de arrancar el sistema, y verificar el funcionamiento de cada soplador, además de brindarnos información sobre las fallas del sistema, es decir, si el proceso se detiene por las fallas ya anteriormente analizadas, debe ser capaz de reiniciar el proceso en el mismo soplador por default, y a la vez indicar mediante alarmas el mal funcionamiento.

En caso de falla del Motor, debe apagar el mando automático y encender el manual, con el fin del que el operador desde la planta pueda regresar el soplador.

La distancia entre la planta donde se ubica el proceso y el lugar donde se colocará el PLC, es considerablemente, sin embargo, las señales con las que trabajará el controlador son de tipo discretas, por lo que el degradamiento de la señal de control, de los actuadores y sensores será mínimo y no afectará al funcionamiento de los dispositivos.

Si se tratasen con señales que requieran ser amplificadas, se colocará un amplificador o un dispositivo que regenere la señal en una etapa entre el controlador y los actuadores y sensores, sin embargo para el caso presente, no se ve la necesidad primordial de hacerlo.

El siguiente paso será definir la arquitectura de nuestra Red:

3.2.1 Sistemas SCADA

Los procesos industriales de la REE, y el que se describe el presente proyecto, necesitan conectar equipos separados por largas distancias.

Este rango puede variar desde varios metros hasta kilómetros. “SCADA abarca la colección de la información, transferencia al sitio central, realizando cualquier análisis y control necesario y luego mostrar esta información en un cierto número de pantallas de operador o displays²¹”.

Los PLC's o controladores lógicos programables todavía son los sistemas de control electrónico más ampliamente usados en la industria y en la REE. Cuando la necesidad de monitorear y controlar más dispositivos en la planta creció, los PLC's fueron distribuidos siendo más inteligentes. Apareciendo entonces los DCS, que manejan a toda la planta de la REE de forma centralizada.

3.2.2 DCS

La figura 3.3 hace referencia a la arquitectura DCS.

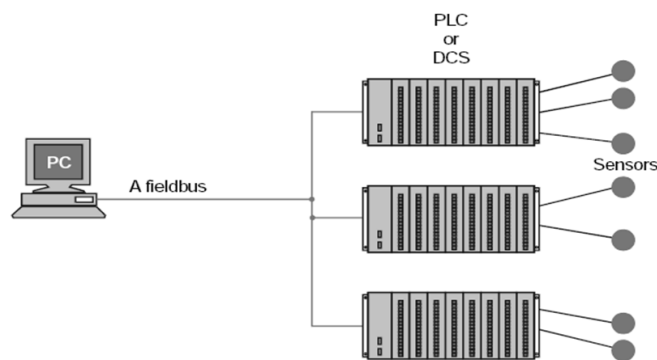


Figura 3.3 (Distributed Control Systems).

²¹ SISTEMAS SCADA, MANUAL DE PROCESOS, AMATIC TECHNOLOGY, PAGINA 34.

3.2.3 Ventajas (PLC/DCS SCADA)

- ✚ La computadora puede grabar y almacenar gran cantidad de información.
- ✚ Los datos pueden ser mostrados en cualquier manera que el usuario requiera.
- ✚ Cientos de sensores pueden conectarse al sistema en un área extendida. (WAN).
- ✚ El operador puede incorporar simulaciones en tiempo real en el sistema
- ✚ Diferentes tipos de datos pueden ser colectados desde los RTU`s
- ✚ Los datos pueden ser vistos desde cualquier sitio (monitoreo remoto)

3.2.4 Comunicación FieldBus

“Una red FieldBus interconecta equipos de Entradas y Salidas más inteligentes, los mismos que pueden cubrir mayores distancias²²”.

Los equipos que se acoplen a la red, sean estos varios o uno, poseen inteligencia para desarrollar funciones específicas de control, tales como lazos de Control PID, control de Flujo y control de procesos.

Uno de los fundamentos básicos de la aplicación de un bus de campo, para comunicaciones en aplicaciones de control industrial es la reducción de la complejidad en el cableado, simplicidad en la incorporación o extracción de módulos, reducción del mantenimiento causada por la importante reducción de conectores e hilos de conexión, además de permitir evaluar al sistema desde una única posición operativa.

EL estándar trabaja con señales digitales para interconectar los dispositivos de campo con los equipos de mando.

3.2.5 Comunicación Modbus

Es la que será usada para el desarrollo del presente proyecto, y es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLC's).

²² SISTEMAS DISTRIBUIDOS PARA CONTROL Y AUTOMATIZACION, PAG. 43

Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. Es público
2. Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
3. Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA).

Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP). Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie.

El formato RTU finaliza la trama con un suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC). La versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP. Modbus Plus (Modbus+ o MB+), es una versión extendida del protocolo que permanece propietaria de Modicon.

Dada la naturaleza de la red precisa un coprocesador dedicado para el control de la misma. Con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado sus especificaciones son muy semejantes al estándar EIA/RS-485 aunque no guarda compatibilidad con este.

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden.

Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información

redundante que asegura su integridad en la recepción. “Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros²³”.

3.3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Referente a los equipos necesarios para la conexión de la etapa de Control y Potencia, estarán disponibles los equipos existentes en la planta, como lo son contactores, los relés, el Switch de presión, los Switchs de fin de carrera de los motores, el transformador y el sistema de alimentación de vapor.

Los costos de los elementos necesarios para el diseño se los definirá en una etapa posterior, en el capítulo 7, sin embargo la cantidad, marca y características de los elementos se la resume a continuación:

3.3.1 Controlador

El controlador a utilizar será el PLC modular, **Compact Modicon A984 – 130**. Seguidamente, se define algunas de las características más importantes del controlador.

3.3.1.1 Capacidad del Sistema

Las características del PLC con procesador 130, se detallan en la tabla 3.1.

²³ SISTEMAS DISTRIBUIDOS PARA CONTROL Y AUTOMATIZACION, PAG. 58

| PLC | Total User Memory | Total State RAM | Max. I/O Capacity per System | Max. 0xxxx type State RAM | Max. 1xxxx type State RAM | Max. 3xxxx type State RAM | Max. 4xxxx type State RAM | Comm Ports/ PCMCIA |
|-----|-------------------|-----------------|---|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 130 | 4k | 2k | (any mis) (0x, 1x) discrete I/O points plus register I/ O up to a total of 32 words In/ 32words Out (3x,4x) | 1x=16 3x=16 4x=16 | 1x=2032 3x=16 4x=16 | 1x=16 3x=1904 4x=16 | 1x=16 3x=16 4x=1904 | 1 Modbus |

Tabla 3.1 Características del PLC

- ✚ La Lógica de resolución es de 4.25 a 6 ms /k en la lógica estándar ladder
- ✚ Ranura para una memoria auxiliar EEPROM
- ✚ Posee una alimentación de 24 VDC y posee un convertor a 5 VDC para el bus.
- ✚ Maneja una I=2.5 A para los buses I/O de los módulos.
- ✚ Time of day clock : + 0.8s /día
- ✚ Watch dog timer: 250 ms +10%
- ✚ Peso: 455 g (1 lb.)
- ✚ 256 máximo de I/O discretas
- ✚ Lenguaje de programación: 984 Set de instrucciones ladder
- ✚ Condiciones de almacenamiento: -40 a 85°C.
- ✚ Condiciones ambientales: 0 a 60 ° C.
- ✚ Certificaciones internacionales: VDE 0160, UL 508, CSA 22.2 y FM Clase I División 2 Grupos A, B, C, D

El controlador puede ser configurado y a la vez programado con el software ProWorx

3.3.1.2 Módulos de Entradas y salidas del Controlador:

Los módulos de entrada deben recibir un voltaje de 120 VAC para su activación y menos de 5 VAC para su desactivación, y corrientes de al menos 1 mA. Por lo que se

utilizarán Módulos **DEP 209**, cuyas características²⁴ relevantes se especifican a continuación:

- ✚ Número de Puntos: 8
- ✚ Voltaje de Operación: 115 VAC, +15%, - 15%. 47-63 Hz.
- ✚ Número de Grupos: 1
- ✚ Condiciones de Encendido: 85 VDC.....138VAC
- ✚ Condiciones de Apagado: 0 VAC.....45 VAC
- ✚ Corriente de Encendido: 1 mA.
- ✚ Corriente de Apagado: 0.5 mA.

El número de módulos requeridos depende de la cantidad de entradas reales que vienen desde el proceso hacia el controlador, las mismas que se indican en la tabla 3.2.

| ENTRADAS | Número |
|-------------------------------------|--------|
| Switchs de Inicio de Carrera | 12 |
| Switchs de Fin de Carrera | 12 |
| Switch de Presión | 1 |
| Térmico | 1 |
| Switch de válvula de Presión | 2 |
| Switch de válvula de Purga | 2 |
| TOTAL | 30 |

Tabla 3.2, Entradas requeridas

- ✚ Entonces, para 30 entradas se requieren 4 módulos.

Los módulos de salida deben enviar un voltaje de 120 VAC para la activación de los Contactores de cada motor, y las válvulas solenoides.

Las corrientes que debe manejar cada salida no deben ser mayores a 10 Amperios. Por lo que se utilizarán los módulos **DAP 208**, cuyas características²⁵ relevantes se especifican a continuación:

²⁴ PROWORKS NXT, TRAFFIC COP, CARDS HELP.

²⁵ PROWORKS NXT, TRAFFIC COP, CARDS HELP.

- ✚ Número de Puntos: 8
- ✚ Voltaje de Operación: 24-110 VDC, 24-250 VAC.
- ✚ Número de Grupos: 4
- ✚ Corriente de Encendido: 2 A máximo por punto.
- ✚ Salidas a RELÉ.
- ✚ Tiempo de respuesta: 10 mili segundos.

El número de módulos requeridos depende de la cantidad de salidas reales que van hacia los motores, contactores y válvulas., las mismas que se ilustran en la tabla 3.3.

| SALIDAS | Número |
|--|--------|
| Hacia Contactores de los Motores | 12 |
| Hacia Contactores Inversión de Giro | 2 |
| Hacia las válvulas de Presión y Purga | 2 |
| Hacia Relé de selección de modo de control | 1 |
| TOTAL | 17 |

Tabla 3.3, Entradas requeridas

- ✚ Entonces, para 17 salidas se requieren 3 módulos.

3.3.1 Interfaz HMI

El software que se usará para la interfaz HMI es In Touch, desarrollado por la compañía WONDERWARE. Es un software usado para la visualización y control de procesos, mediante un esquema de representación grafica de los mismos.

Se destaca por tener facilidades de uso y elementos fácilmente configurables. Además provee de una perspectiva integrada de todos los recursos de control e información de planta.

La versión a usar será la 9.5 incorpora mejoras significativas que se traducen en un aumento de productividad operacional y de ingeniería. Los poderosos Wizards y los

nuevos Smart Symbols, permiten al usuario crear e instalar de manera sencilla y ágil aplicaciones personalizadas que entregan información en tiempo real.

Es necesario destacar que los cálculos y sentencias de control se desarrollaran en el PLC.

Este software presenta las siguientes características.

- ✚ Orientación dinámica al operador.
- ✚ Administración inteligente de alarmas.
- ✚ Configuración de eventos.
- ✚ Gran cantidad de graficas y símbolos mediante Smart Symbol Factory.
- ✚ Creación de Curvas en tiempo real.
- ✚ Configuración de historical Logging (Tablas de datos de Excel).
- ✚ Cambio de idioma de operación.
- ✚ Teclado estándar en pantalla.

3.3.2 Elementos Electromecánicos

Los elementos electromecánicos necesarios, son los siguientes:

- ✚ Contactores desde la salida del PLC a cada uno de los doce motores.
- ✚ Contactores de Inversión de giro.
- ✚ Fusibles:
 - Principales Internos
 - Para las válvulas Piloto
 - Para la entrada y salida del transformador
- ✚ Relé Térmico
- ✚ Relé Automático/Manual

Las tensiones y corrientes que manejan los módulos del PLC, en sus entradas son iguales a las que entrega la fuente de poder a los contactores existentes en la actualidad. Referente a las salidas, las tensiones y corrientes que manejan los módulos del PLC son

iguales a las que llegan a los elementos electromecánicos que están en funcionamiento, o al menos cumplen las características que se requieren para su activación.

Al momento de dimensionar los elementos necesarios, bastará con seleccionar elementos de iguales prestaciones, inclusive de la misma marca y tipo de los ya existentes, según se vean las necesidades.

Sin embargo, algunos de los elementos usados en la implementación de los sopladores de Hollín en el año de 1984, están descontinuados en el mercado actual, por lo que en el caso de los fusibles, se procederá a escoger nuevos modelos que satisfagan las características técnicas requeridas.

A continuación, en la tabla 3.4 se resumirá la cantidad, fabricante y tipo de elementos a usar en el proyecto de automatización.

| Ref. | Denominación | Fabricante | Tipo | Cantidad |
|-----------------|--|-------------------|------------------|-----------------|
| F1 A F3 | Fusibles principales Internos | BUSSMAN | AM 10A, 500 VAC | 3 |
| F4 A F5 | Fusibles para entrada de Transformador | BUSSMAN | AM 4A, 500 VAC. | 2 |
| F6 A F7 | Fusibles para salida de Transformador | BUSSMAN | AM 6A, 250 VAC | 2 |
| F8 A F11 | Fusibles para Válvula piloto | BUSSMAN | AM 4A, 250 VAC. | 4 |
| K | Contactores para inversión de GIRO | TELEMECANIQUE | LC2.D.150 | 2 |
| RTH | RELE TERMICO PARA PROTECCION DEL MOTOR, DE 1.6 A 2.5 A | TELEMECANIQUE | LR1.D09 | 1 |
| R | RELÉ automático/manual | TELEMECANIQUE | CA2 DN 122 | |
| C | CONTACTORES DE SOPLADORES | TELEMECANIQUE | LC1D125 + LA1D11 | 12 |

Tabla 3.4 Elementos Electromecánicos requeridos.

Las características y detalles de los elementos se han detallado en el transcurso del capítulo 2, y en los anexos 1, 2, razón por la cual no se considera necesario la inclusión de los mismos en el presente capítulo.

3.4. PLANOS Y DIAGRAMAS

En este apartado se ilustrarán los nuevos diagramas de control y potencia con los que funcionará el sistema de soplado de hollín, además se incluirá el flujo del proceso y la manera en la que se tomarán las decisiones ante los requerimientos de control.

3.4.1 Planos eléctricos de Control

El esquema de alimentación del sistema en general, se toma del sistema de alimentación general de la Planta que es de 460 VAC, y se lo envía directo a los motores y a la vez, al transformador existente en el proceso que entregará los 120 VAC requeridos para las entradas del PLC, como lo se indica en la figura 3.4.

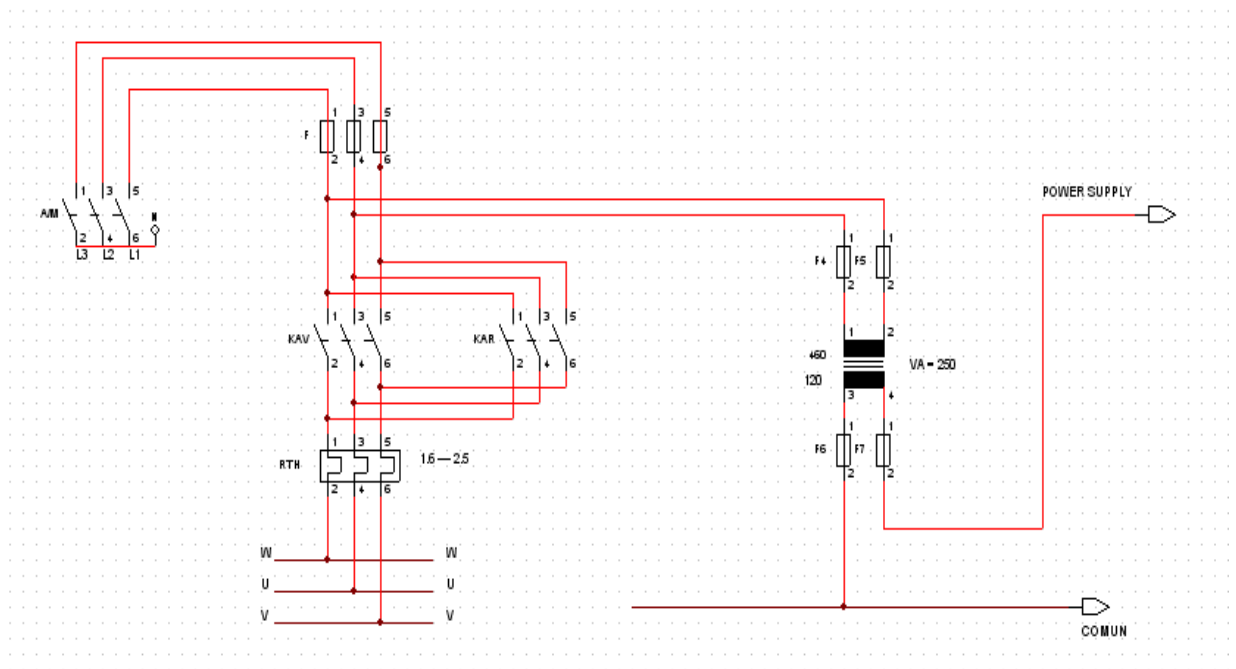


Figura 3.4 Alimentación General.

En la figura 3.5, se notará como se toma la energía de la línea de alimentación de 120 VAC, y se energiza los límites de carrera de las válvulas y al Switch de Presión.

Estos elementos van hacia las entradas del PLC, mientras que a sus salidas se observa los dos contactores de inversión de giro, el relé automático manual y las válvulas solenoides de presión y Purga.

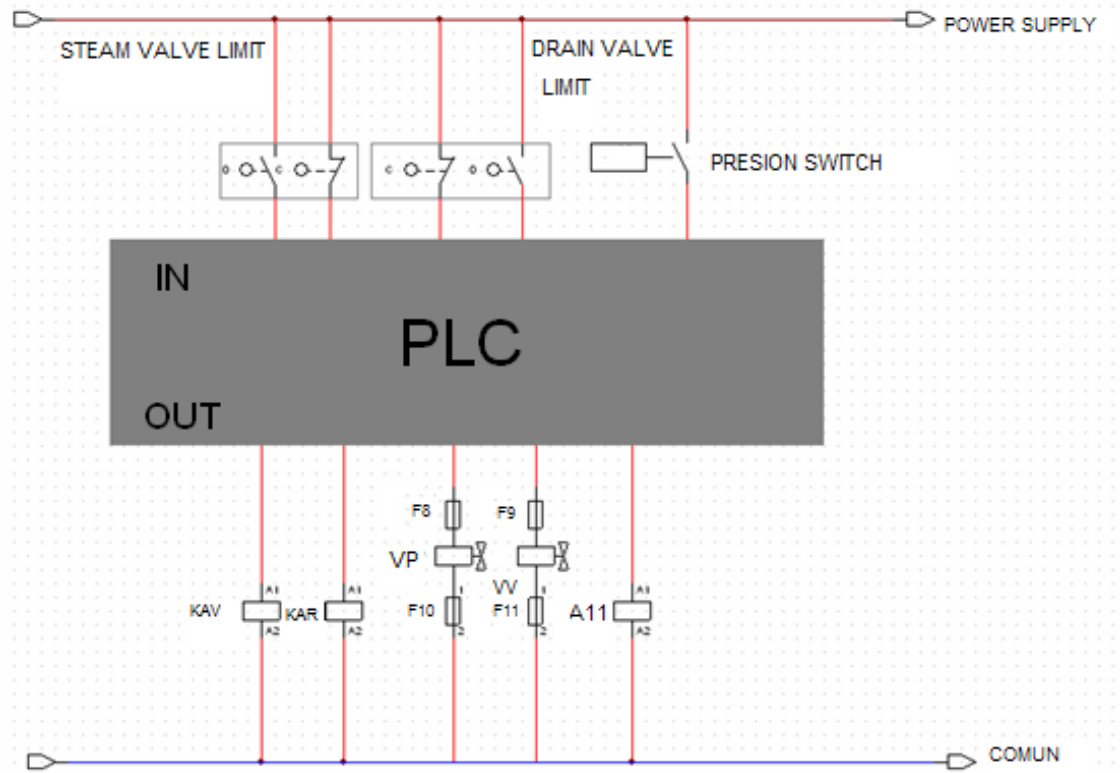


Figura 3.5. Conexiones eléctricas de Válvulas y Switch de Presión.

Los motores poseen límites de carrera en el principio y al final del recorrido, como se nota en la figura 3.6, 3.7 y 3.8, tanto los BACK LIMIT SWITCH como los FRONT LIMIT SWITCH, poseen dos estados, el uno corresponde a la negación del otro, por lo que para motivos de programación del PLC se ha tomado tan solo uno de ellos.

A la salida del PLC se coloca los contactores para encender y apagar los doce motores respectivamente.

3.4.2 Etapa de Potencia

La etapa de potencia no necesita ser modificada en su estructura, por lo que su esquema de conexiones no varía, el mismo se lo indica en la figura 3.9 y 3.10.

3.4.3 Conexiones del PLC

Los módulos de Entrada del PLC, poseen el esquema de conexiones mostrado en la figura 3.11.

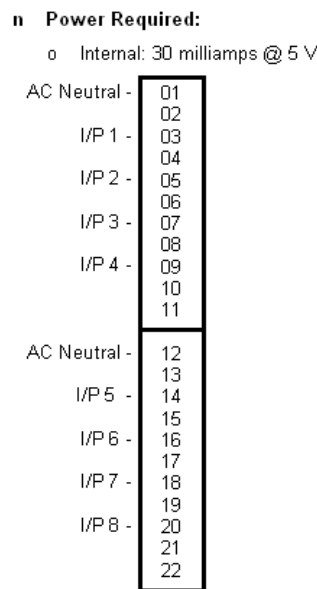


Figura 3.11 Conexiones del Modulo DEP 209.

Entonces, desde la entrada I/P 1 del primer módulo hasta la entrada I/P 30 del 4 módulo se conectarán los elementos mostrados en la tabla 3.5:

| PLC | ENTRADAS |
|-------|----------------------|
| I/P 1 | SW PRESION |
| I/P 2 | TERMICO |
| I/P 3 | INICIO DE CARRERA M1 |
| I/P 4 | FIN DE CARRERA M1 |
| I/P 5 | INICIO DE CARRERA M2 |
| I/P 6 | FIN DE CARRERA M2 |
| I/P 7 | INICIO DE CARRERA M3 |
| I/P 8 | FIN DE CARRERA M3 |
| I/P 9 | INICIO DE CARRERA M4 |

| | |
|--------|-----------------------|
| I/P 10 | FIN DE CARRERA M4 |
| I/P 11 | INICIO DE CARRERA M5 |
| I/P 12 | FIN DE CARRERA M5 |
| I/P 13 | INICIO DE CARRERA M6 |
| I/P 14 | FIN DE CARRERA M6 |
| I/P 15 | INICIO DE CARRERA M7 |
| I/P 16 | FIN DE CARRERA M7 |
| I/P 17 | INICIO DE CARRERA M8 |
| I/P 18 | FIN DE CARRERA M8 |
| I/P 19 | INICIO DE CARRERA M9 |
| I/P 20 | FIN DE CARRERA M9 |
| I/P 21 | INICIO DE CARRERA M10 |
| I/P 22 | FIN DE CARRERA M10 |
| I/P 23 | INICIO DE CARRERA M11 |
| I/P 24 | FIN DE CARRERA M11 |
| I/P 25 | INICIO DE CARRERA M12 |
| I/P 26 | FIN DE CARRERA M12 |
| I/P 27 | SW INICIO VP |
| I/P 28 | SW FINAL VP |
| I/P 29 | SW INICIO VV |
| I/P 30 | SW FINAL VV |

Tabla3.5 Conexión de entradas del PLC

Para los módulos de salida del PLC el esquema de conexiones se lo indica en la figura 3.11:

n Power Required:

- o Internal: 60 milliamps @ 5 V
- o External: 150 milliamps @ 24 VDC

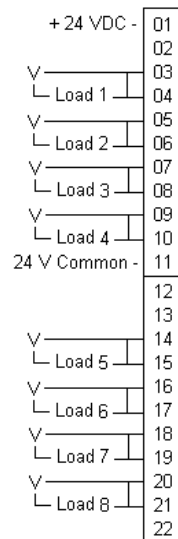


Figura 3.11 Conexiones del Modulo DAP 208.

Entonces, desde la salida LOAD 1 del primer módulo hasta la salida LOAD 17 del 3 módulo se conectarán los elementos indicados en la tabla 3.6.

| PLC | SALIDAS |
|---------|---------|
| LOAD 1 | VV |
| LOAD 2 | VP |
| LOAD 3 | KAV |
| LOAD 4 | KAR |
| LOAD 5 | C1 |
| LOAD 6 | C2 |
| LOAD 7 | C3 |
| LOAD 8 | C4 |
| LOAD 9 | C5 |
| LOAD 10 | C6 |
| LOAD 11 | C7 |
| LOAD 12 | C8 |
| LOAD 13 | C9 |
| LOAD 14 | C10 |
| LOAD 15 | C11 |
| LOAD 16 | C12 |
| LOAD 17 | A/M |

Tabla 3.6 Conexión de Salidas del PLC

3.4.4 Diagramas de Flujo del Proceso

En los diagramas de Flujo, se busca precisar los elementos necesarios para llevar a cabo el proceso de forma lógica y consistente, mediante una coordinación adecuada, para en ciertos casos, poder determinar la causa de los fallos en la ejecución del control.

Se representarán entonces gráficamente una estructura sólida para llevar a cabo el proceso, y se incluirán todas las variables que se deben manejar para una operación secuencial o alternada.

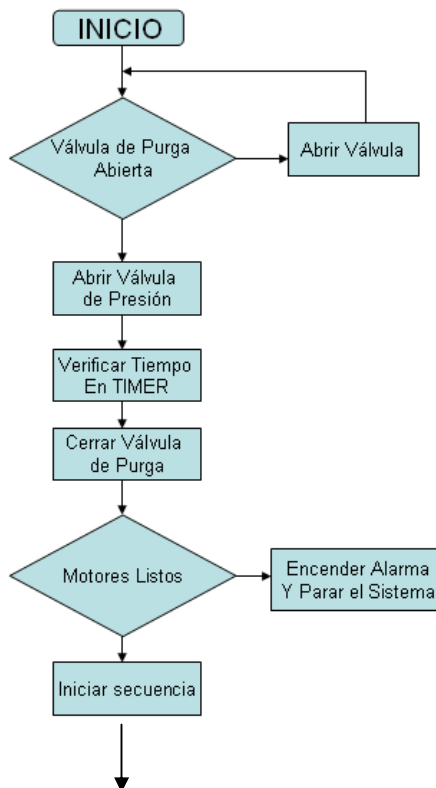
Para lo cual se partirá del diagrama de flujo general y se especificará el diagrama de flujo del proceso de funcionamiento del soplador 1, mientras que para el resto de los sopladores los diagramas se los indicarán en el Anexo 1.

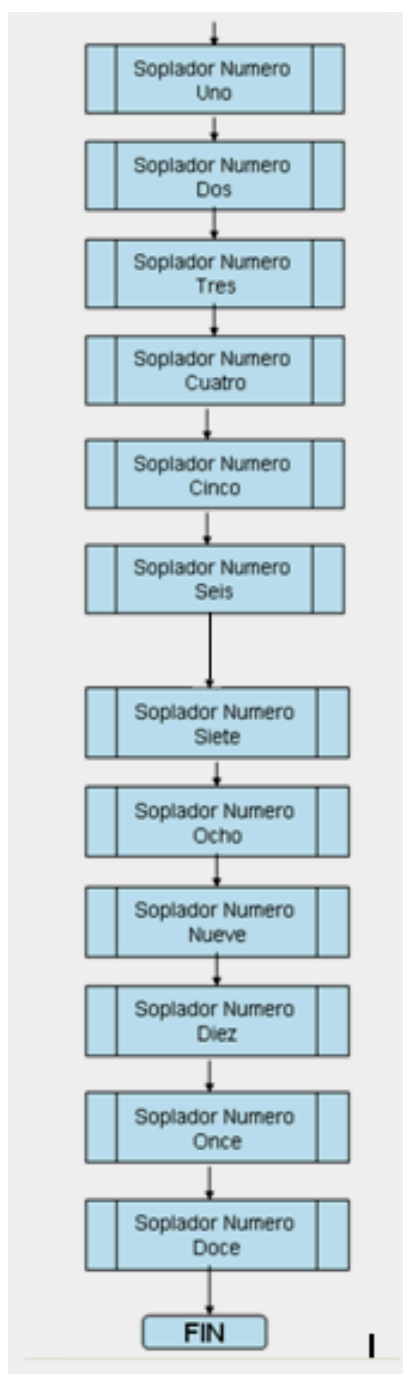
Una vez que se hayan indicado los respectivos diagramas, el lector podrá tener una completa y amplia visión a cerca del funcionamiento del proceso y de cada una de sus partes fundamentales.

Como se podrá notar en la posterior programación de los componentes y en su integración, el proceso iniciará su secuencia verificando la posición correcta de los elementos que integran el sistema, como será el caso de la válvula de Purga, los Switch de carrera de los doce motores y el Switch de presión de línea.

Luego se seguirán los pasos indicados en la secuencia de soplado general, y se empezará la secuencia para cada uno de los motores por individual. El proceso general se lo especifica en el diagrama de Flujo 3.1.

DIAGRAMA DE FLUJO 3.1. PROCESO GENERAL.



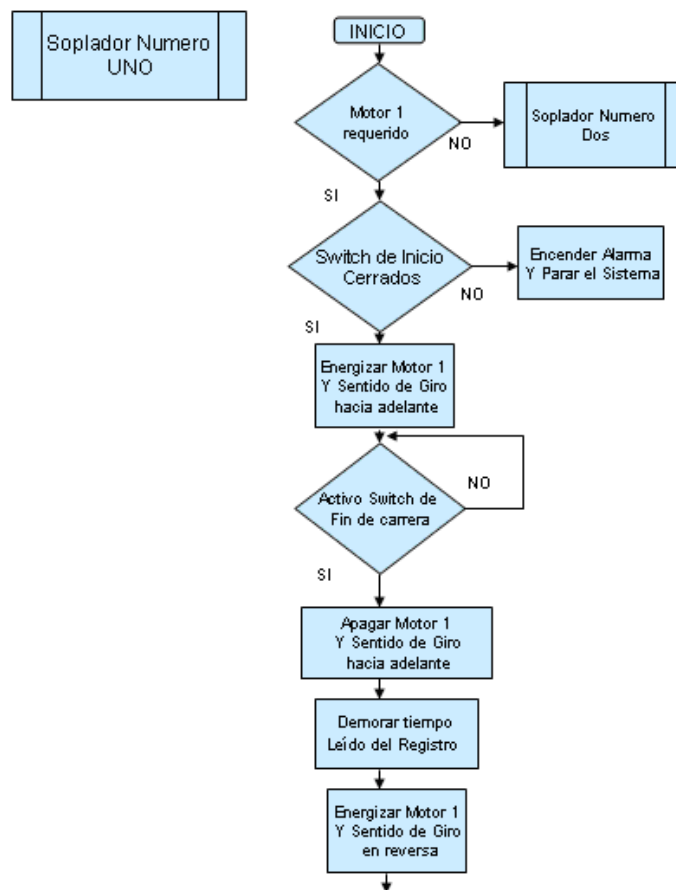


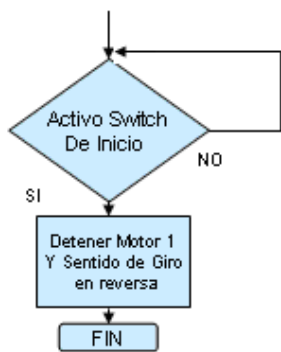
3.4.4.1 Diagrama de los Sub Procesos

Una vez definida la secuencia general, procederemos a ejemplificar el subproceso del soplador número 1.

El principal paso es definir si el soplador uno se deberá o no integrar a la secuencia, para dar paso a las instrucciones procedentes del primer soplador, o seguir hacia el segundo. Si se escoge el soplador, se deberá encender el motor y llegar al límite de carrera, lugar donde se verificará si aumento el tiempo de soplado y se cumplirá con el requerimiento, luego del cual el motor regresa a su posición inicial y da paso al siguiente soplador. El diagrama 3.2 resume lo expresado anteriormente.

DIAGRAMA DE FLUJO 3.2. SOPLADOR NUMERO 1.





CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE SOFTWARE

4.1 LÓGICA DE CONTROL

Una vez desarrollados los diagramas de Flujo para el proceso, se nota, que la puesta en marcha y terminación del mismo, necesita de la acción secuencial de ciertos parámetros de control ya definidos.

Sin embargo, para el desarrollo de la lógica de control, además de los pasos que debe seguir el proceso, se integrará la acción de la interfaz HMI y sus efectos de control sobre el soplado.

La programación del PLC implica seguir los pasos planteados en los diagramas ya diseñados, no obstante se necesitará tomar una serie de precauciones para poder empezar el proceso de forma segura y con la certeza de que todos los elementos funcionen correctamente.

Por lo que el diagrama General para la inicialización de la Lógica de control se lo indica en la figura 4.1.

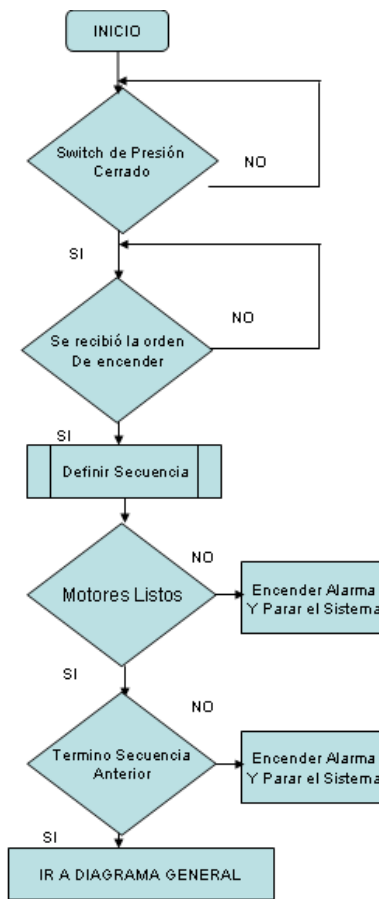


Figura 4.1 Diagrama general de la Lógica de Control

Entonces, para iniciar el proceso se debe recibir la señal de Encendido desde la Interfaz, a la vez que se debe recibir la señal de Presión Correcta mediante la acción del Switch.

Como se nota en la línea de comandos presentada en la figura 4.2, se sigue el diagrama, para poder empezar la acción de control COMENZAR que da origen a la operación del proceso de soplado en si.



Figura 4.2 Línea de Comandos de inicialización

Como se definió en el alcance del proyecto, el orden del soplado puede ser secuencial o no seguir un orden específico, opción que se la escogerá desde la Interfaz HMI, por lo que para empezar el proceso se debe necesariamente definir el orden del proceso de soplado para lo cual, desde la Interfaz se debe elegir los sopladores, y los mismos deben activar sus respectivos contactos en el PLC.

La integración de los sopladores será dedición del operador de turno según las indicaciones que haya recibido o este ejecutando de la planificación general, por lo que será obligación del mismo definir una secuencia para poder empezar el proceso.

Entonces se procede a definir el Subproceso DEFINIR SECUENCIA en la figura 4.4.

Como notamos en la línea de comandos indicada en la figura 4.3, se sigue el diagrama indicado en la figura 4.4, una vez que se escoge la secuencia de soplado, los contactos del PLC son activados para escoger el funcionamiento en modo Secuencial, o sin un orden específico,

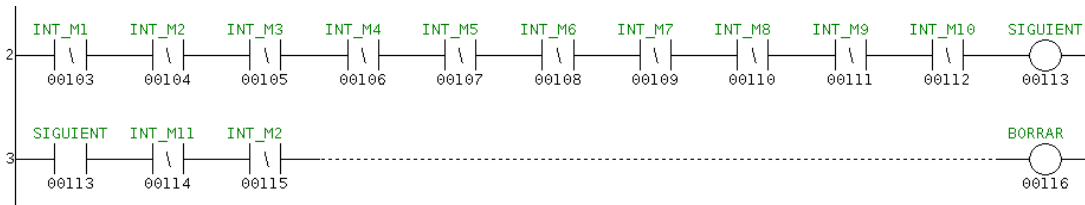


Figura 4.3 Integración de secuencia.

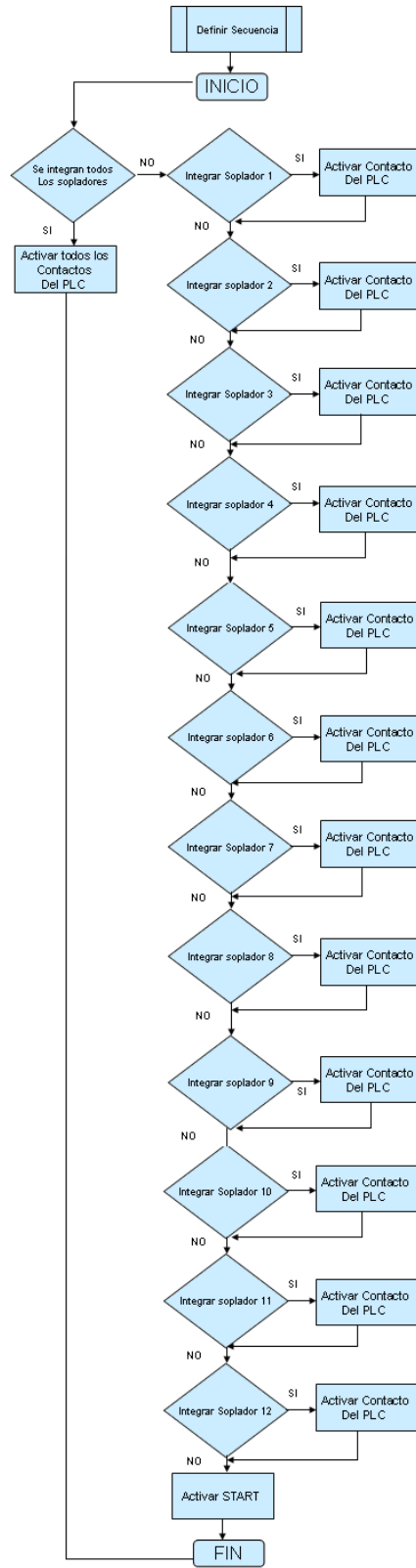


Figura 4.4 Secuencia de soplado

Otra condición de funcionamiento es que todos los Switchs de inicio de carrera se encuentren en el inicio y activados para verificar que los motores se encuentren en su posición original, como lo indica la figura 4.5

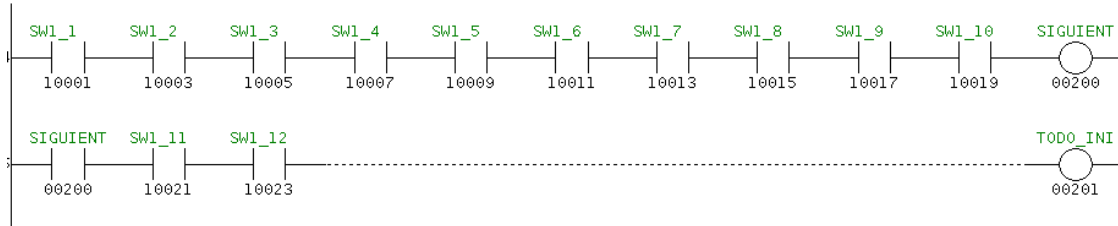


Figura 4.5 Verificación de Funcionamiento.

Es importante que se haya indicado el fin del proceso para iniciar una nueva secuencia, pues al producirse un error, y parar el proceso, la bobina FINPROCE no será activada, por lo que en la interfaz se indicará un error y su respectiva alarma. Para que esta bobina se active se deben seguir los pasos indicados en la figura 4.6.

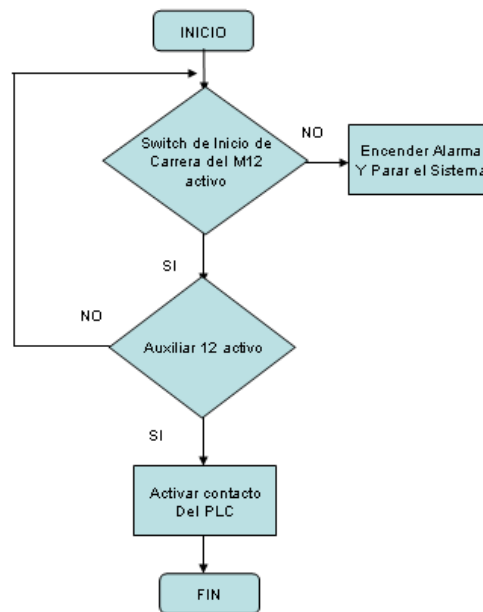




Figura 4.6. Verificación de Fin de proceso

El contacto AUX 12, indicado en la figura 4.7 pertenece al doceavo motor y se enciende en dos ocasiones:

-  Una vez que el doceavo motor haya terminado su recorrido en un orden secuencial.
-  Cuando Termina su recorrido el último soplador escogido en orden aleatorio, que inclusive puede ser el doceavo soplador.

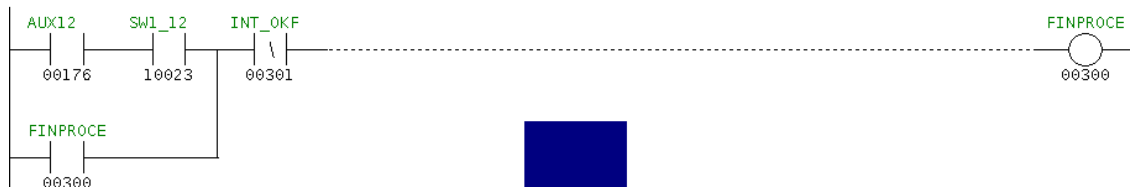


Figura 4.7 Terminación del Proceso.

Luego de estos requerimientos de seguridad, se debe empezar a seguir el diagrama General planteado con anterioridad en el capítulo 3 y en el anexo 3, por lo que debemos energizar la válvula de presión con 120 VAC en su solenoide, como lo indica la figura 4.8.



Figura 4.7 Línea de control de Válvula de Presión.

Este proceso, procede a activar el TIMER para el cierre de la válvula de Purga, como lo indica la figura 4.8..



Figura 4.8 Timer de Válvula de Purga.

Una vez que ambas valvulas se encuentren en la posición requerida se envia una señal que permite el inicio el proceso, como se lo muestra en la figura 4.9.



Figura 4.9 Inicio de los Motores.

4.1.1 Modo secuencial por default.

En el capitulo anterior, se definió la acción de los sopladores en el Anexo 3, por lo cual, las líneas de programación del PLC deben reflejar cada uno de los Diagramas.

Entonces, una vez que la bobina MOTORES se energiza, permite la acción de manejo secuencial o aleatoreo para cada motor. Debido a que la configuración para los doce motores es la misma se explicará el programa con el motor 1, y luego se incluirá unicamente la programación de los otros 11, como el **anexo 2**.

El contacto INT_M1 viene desde la interfaz, el contacto TODO_INI se activa una vez comprobado que los doce sopladores se encuentren ubicados normalmente. Entonces empieza a salir el soplador uno hacia adelante mediante las bobinas G1_1 (Marcha hacia Adelante) y M1_1 (Energizar Motor 1), como lo indica la figura 4.10.

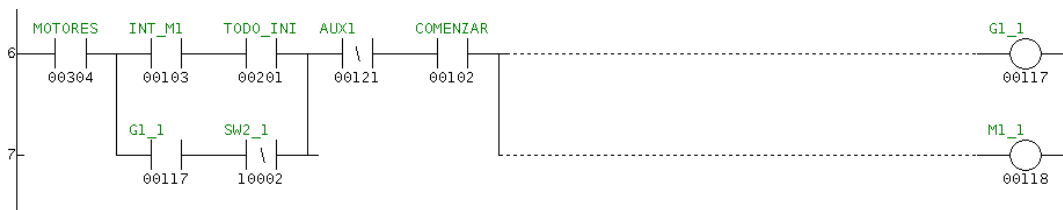


Figura 4.10 Salida del primer Motor.

Cuando se active el Switch de limite de carrera del soplador 1, se apaga la bobina G1_1, la misma que activaba el Contactor de avance. A la vez que se activa el AUX 1 que asegura que el motor no de marcha hacia delante nuevamente. Para activarse G2_1 y M1_2

se debe cumplir el tiempo que se planteo en el TIMER, entonces el motor empieza la reversa, como lo indica la figura 4.11.

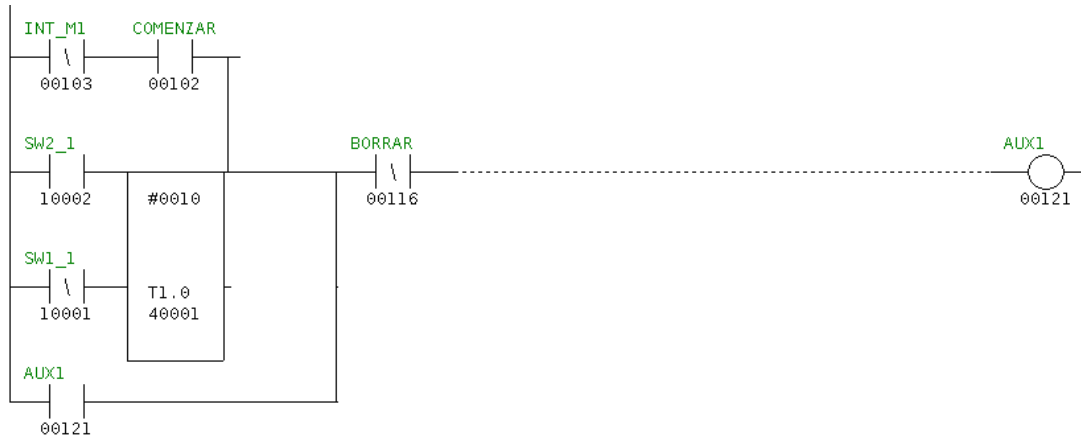


Figura 4.11 Temporización del proceso.

La bobina G2_1 que significa cambio de giro, y la bobina M1_2 que implica que el motor permanezca encendido. Estas bobinas en su respectiva línea de control se indican en la figura 4.12.

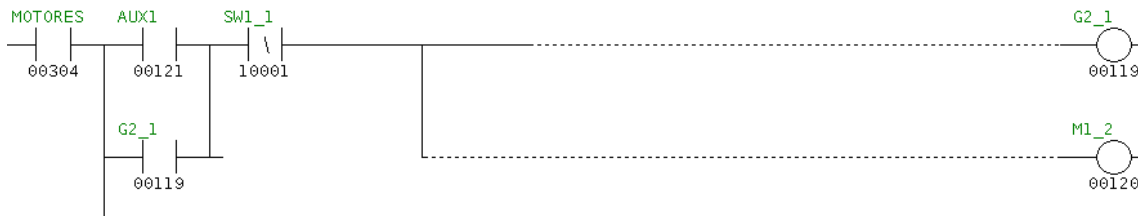


Figura 4.12 Regreso del Motor 1.

Cuando el soplador activa el Switch de inicio de carrera del Motor 1, apaga G2_1 y M1_2, a la vez que AUX1 queda energizado, y de este modo no permite que el motor uno se encienda nuevamente, y marca la condición de inicio para el Motor 2.

Como notamos en todas las figuras descritas anteriormente las bobinas de salida son auxiliares únicamente, razón por la cual se debe trasladarlas hacia una salida física, sin embargo, por razones de diseño y por motivos de ahorrar salidas, las bobinas auxiliares que pertenezcan al motor 1, tanto e su entrada como en su salida se envían a una sola dirección física. La figura 4.13 describe y resume lo dicho.

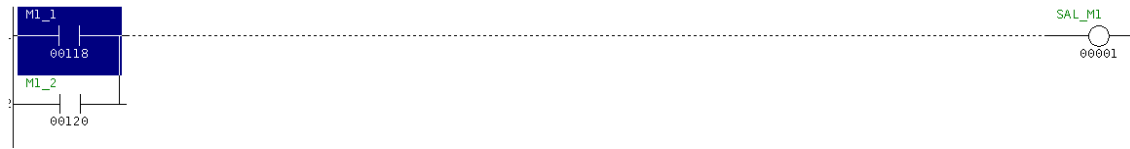
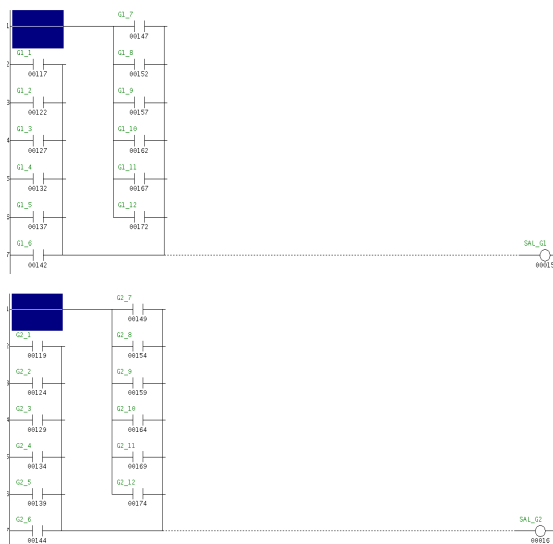


Figura 4.13 Salidas Físicas del programa.

De la misma manera y por las razones descritas en el párrafo anterior se procede a realizar lo mismo con las salidas auxiliares para el avance y retroceso de los motores, es decir la salida de los doce motores irá a una sola dirección física, y de igual manera el regreso de los doce motores se los enviará a una sola dirección, proceso que se ilustra en las figura 4.14 y 4.15.



Figuras 4.14 y 4.15 Avance y Regreso Físicos del programa.

4.1.2 Modo Alternado

Se debe empezar por plantear un proceso que permita seguir los pasos que se han bosquejado en los diagramas de flujo del capítulo anterior, por lo que se ve la necesidad de crear bobinas auxiliares que permitan buscar motores que se integren a la secuencia. Esta búsqueda empezará siempre en el Motor 1 y terminará en el doce, es decir hará un barrido Motor por Motor para saber cual debe funcionar y cual se debe saltar. Lo anteriormente dicho se resume en la figura 4.16.

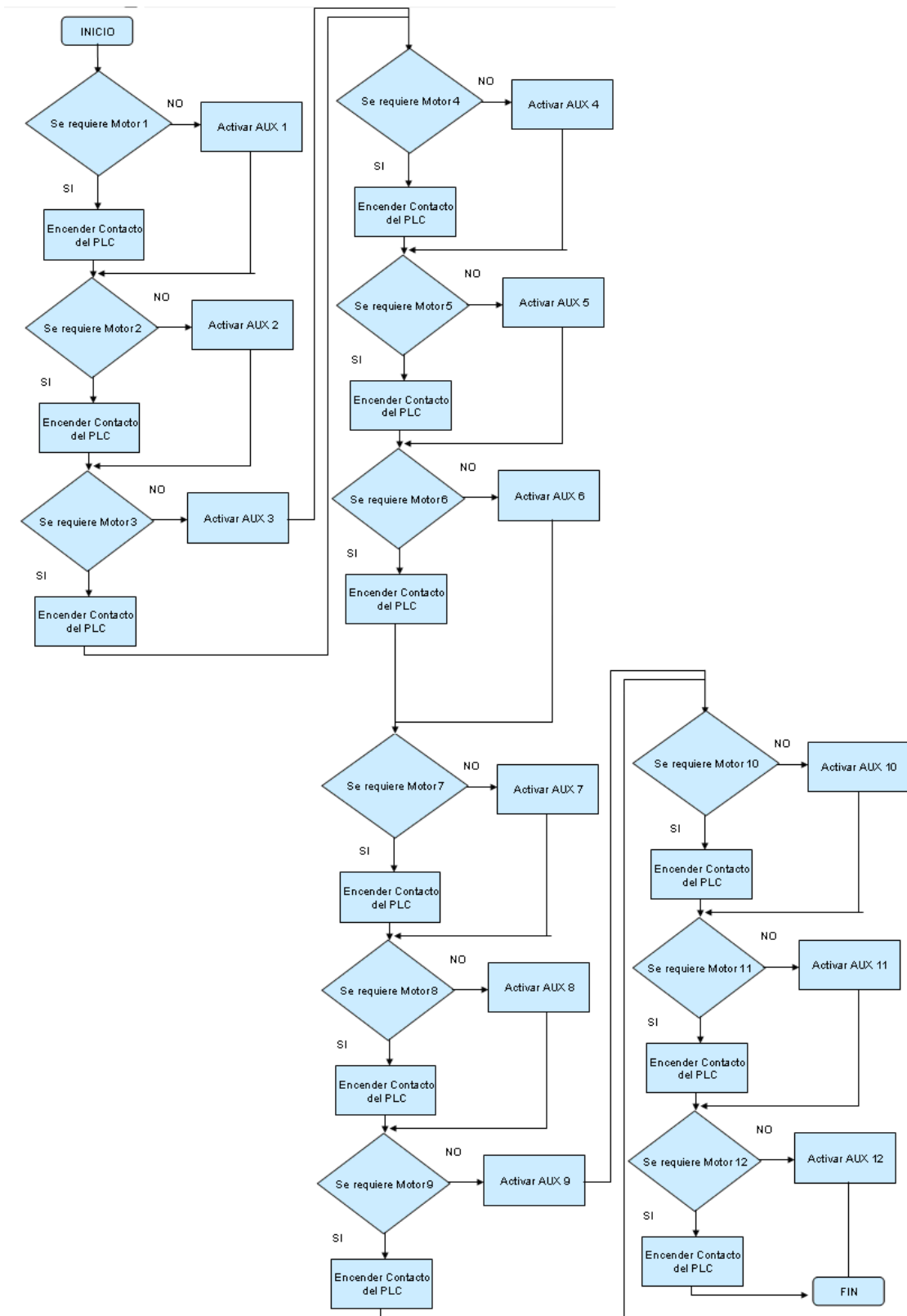


Figura 4.16. Modo Alternado

Entonces, para escoger varios Sopladores sin un orden específico, partimos desde la interfaz HMI, en donde mediante un botón se escoge los sopladores que se integran al proceso. Cada vez que se active un soplador, se activará el contacto INT_M1 hasta el contacto INT_M12, como se lo indica en la figura 4.17. Al no activarse estos contactos, entonces no empezará nunca su marcha el Motor correspondiente.

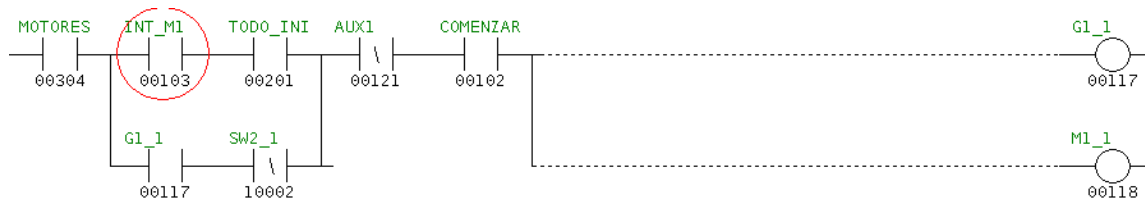


Figura 4.17 Integración de la Secuencia Aleatoria.

Sin embargo se activará directamente la Bobina Auxiliar correspondiente, que por motivos de explicación será AUX 1, como lo muestra la figura 4.18.

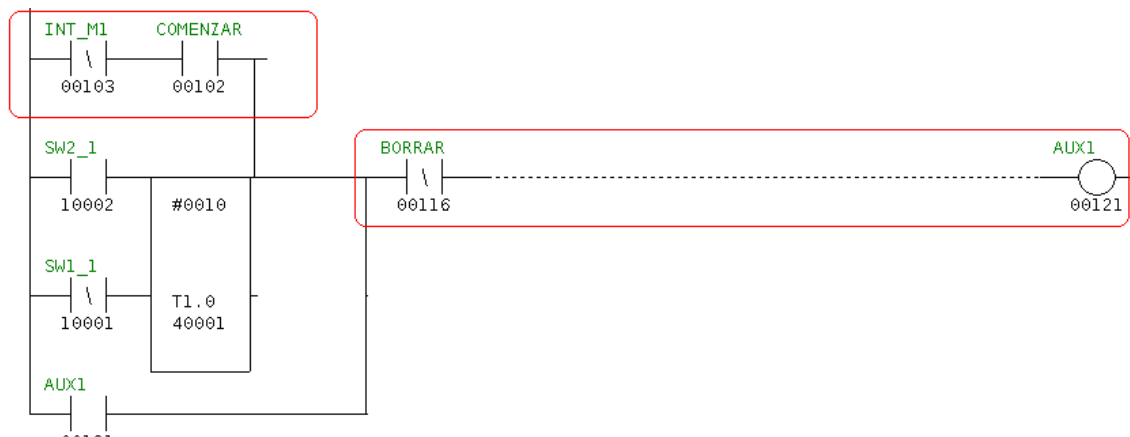


Figura 4.18 Auxiliar para avance.

La misma que permite energizar el inicio del ciclo para que el segundo motor empiece el soplado en caso de haber sido seleccionado, como se lo muestra en la figura 4.19.

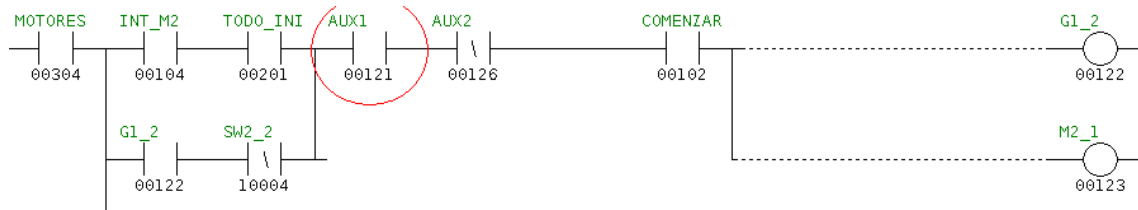


Figura 4.19 Inicialización del segundo soplador.

En caso de ser seleccionado funciona como se describió en el modo secuencial y en caso de no ser seleccionado activa directamente AUX 2 indicado en la figura 4.20, que permite la salida del Motor 3 en caso de ser seleccionado.

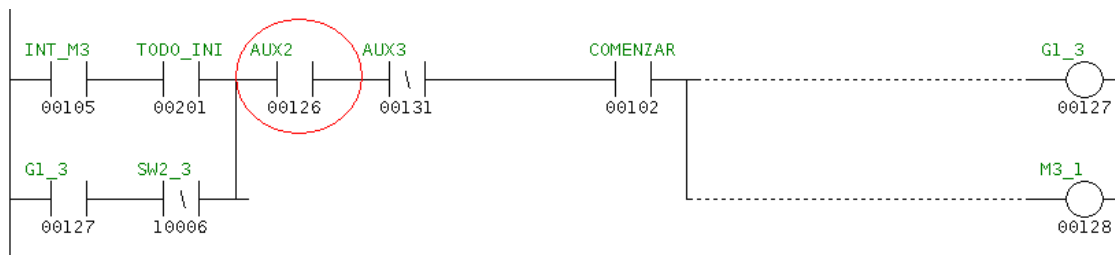


Figura 4.20 Inicialización del tercer soplador.

Las señales provenientes de la interfaz se las ha denominado con la notación:

INT_(acción), es decir al principio todas llevarán el prefijo INT y luego la acción, como por ejemplo INT_ON que indica el encendido general.

4.2 INTERFAZ HMI

4.2.1 Pantalla de Ingreso

El diseño de la Interfaz HMI, ha tomado en cuenta la totalidad de las características de funcionamiento del proceso en la actualidad y los requerimientos de control planteados.

La interfaz de usuario permitirá operar el sistema de manera rápida y ágil, y acceder a la visualización de todas las variables del proceso.

El manejo de la interfaz será similar al mando del proceso en modo manual, es decir, tendrá las mismas opciones de funcionamiento, además de nuevas opciones para aumentar su eficiencia.



Figura 4.21 Pantalla de Ingreso

Al ingresar a la interfaz, se indica la pantalla de ingreso ilustrada en la figura 4.21, mediante la cual el operador tendrá una breve información a cerca del desarrollo de la interfaz.

El botón INGRESO ha sido creado para permitir únicamente al operador designado iniciar el proceso, mediante un Usuario y Una Contraseña.

Una vez que oprimimos el botón INGRESO, nos encontramos con la pantalla de validación, indicada en la figura 4.22, en donde se colocará el usuario y su clave.

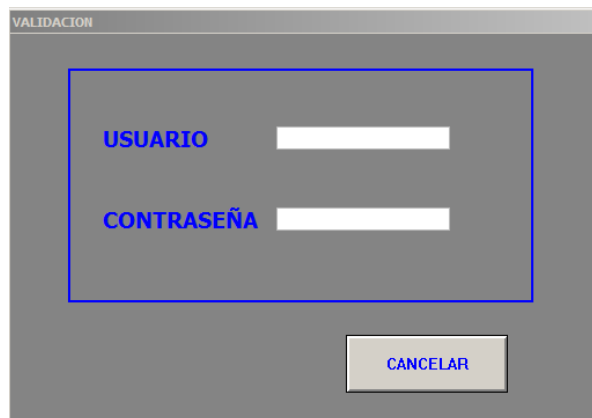


Figura 4.22 Validación de Datos

El nombre de usuario definido es “REE” y la contraseña “control”, si el operador desea cambiarlas o agregar más usuarios se lo puede realizar desde la interfaz.

4.2.2 Pantalla Principal

Una vez que se hayan ingresado los datos correctamente, aparecerá la pantalla principal, ilustrada en la figura 4.23

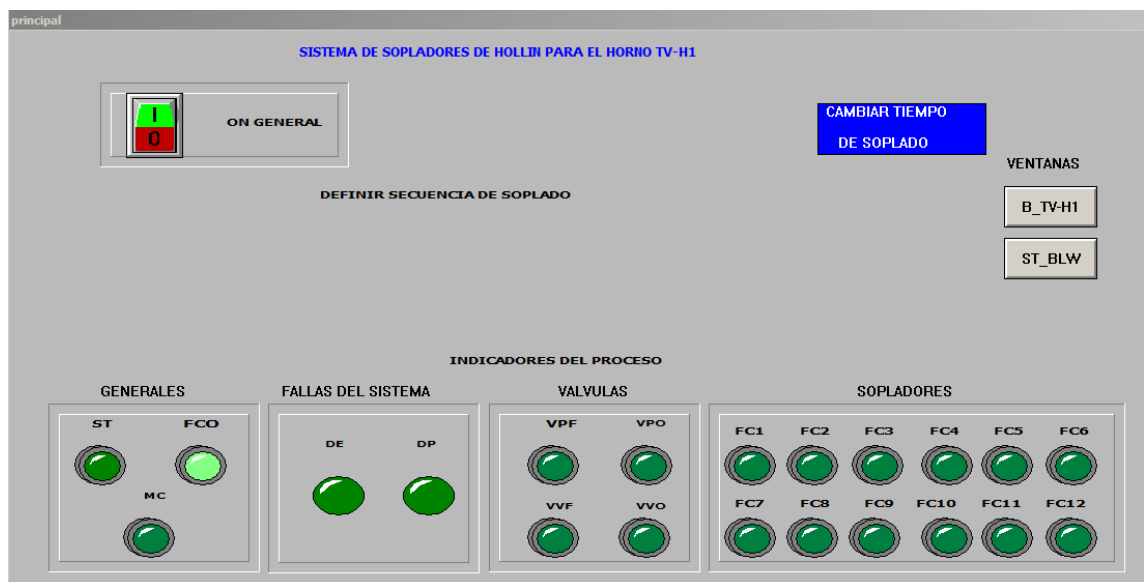


Figura 4.23 PANTALLA PRINCIPAL

Esta será la configuración de la pantalla principal que se muestra una vez ingresada la contraseña. En La pantalla principal se distribuyen todas las alarmas que involucra el proceso, las opciones de inicio en secuencia, o aleatorio, y la opción de cambiar el tiempo de soplado del proceso. Definiremos entonces la utilidad de cada uno de sus elementos.

Para encender el sistema de la interfaz y el controlador, será necesario encenderlo pulsando el botón ilustrado en la figura 4.24.



Figura 4.24 Encendido General.

Además, permite iniciar la aplicación mediante la conmutación del relé para energizar el sistema, en donde para el modo manual operaba el Switch principal SI. Permite también desbloquear los elementos que se encuentran ocultos en la pantalla principal, al dar un click sobre el, la pantalla de inicio se la muestra en la figura 4.25:

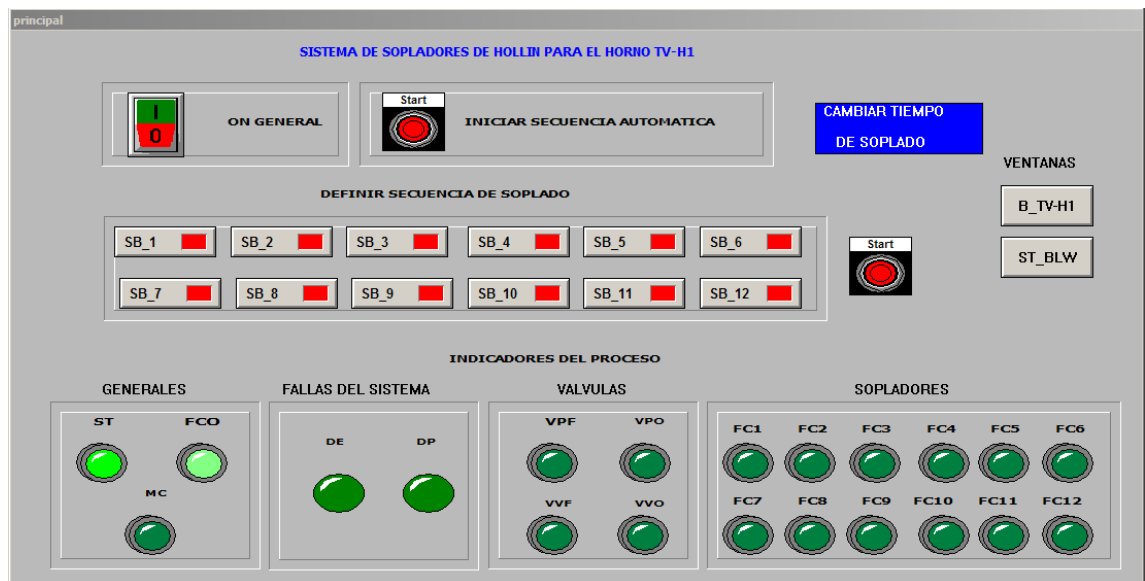


Figura 4.25 Pantalla principal completa

Como podemos notar, se activa el indicador general de Sistema Encendido, como se lo muestra en la figura 4.26.



Figura 4.26 Indicador de Encendido

Los elementos desbloqueados permitirán iniciar la secuencia de soplado según lo estipule el operador. El botón de Start o inicio de secuencia automática se ilustra en la figura 4.27.

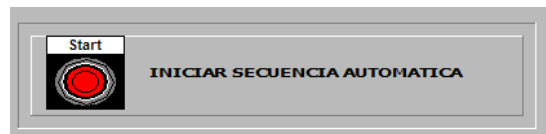


Figura 4.27 Secuencia Automática

Además de iniciar la secuencia de las válvulas, permite la salida de los sopladores en orden desde el primero hasta el doceavo.

Su activación, nos permite apagar la señal luminosa de fin de ciclo FCO y encender el indicador de ciclo en marcha MC, como lo indica la figura 4.28.



Figura 4.28 Indicador de Inicio de Ciclo

En el caso que se desee escoger una configuración diferente al modo secuencial, se deberá realizar click sobre los botones que representan la activación de determinados sopladores y que se indican en la figura 4.29.



Figura 4.29 Botones para escoger secuencia aleatoria.

Y luego pulsar el boton de Star ubicado en la parte derecha de la ventana principal indicada en la figura 4.25. El boton de start se lo indica en la figura 4.30.



Figura 4.30 Iniciar la secuencia Aleatoria.

Luego de pulsarlo, este boton, tendrá el mismo efecto que el boton de inicio de secuencia automático.

Los indicadores luminosos ilustrados en la figura 4.31, permiten conocer el estado de las válvulas de presión y de Purga.

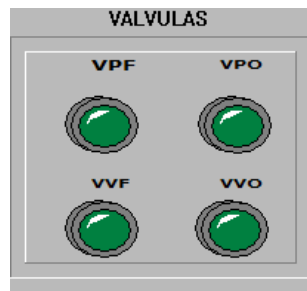


Figura 4.31 Estado de las Válvulas.

Las fallas del Switch de presión y el estado del Relé térmico para protección a los motores también se las muestra en la pantalla principal con sus respectivos indicadores, como se lo indica en la figura 4.32



Figura 4.31 Fallas del Sistema.

El estado de cada soplador se indica mediante las señales luminosas desde FC1 hasta FC12, mostradas en la pantalla principal. Estas señales se ilustran en la figura 4.32



Figura 4.32 Estado de Sopladores.

La luz encendida indica que el soplador se encuentra realizando el proceso y la luz apagada nos indica que el soplador esta en su posición original.

Para proceder a aumentar el tiempo de soplado es necesario pulsar en botón de cambio de tiempo indicado a en la figura 4.33.

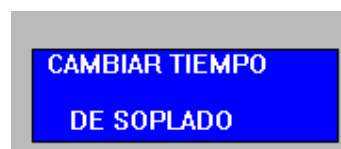


Figura 4.33 Cambio del tiempo de Operación del Soplador.

Entonces se indicará la ventana en la cual se encuentra la opción de incrementar el tiempo, para lo cual debemos dar click sobre “0.000” e introducir el tiempo en minutos, para luego pulsar OK. Esta descripción corresponde a la figura 4.34.

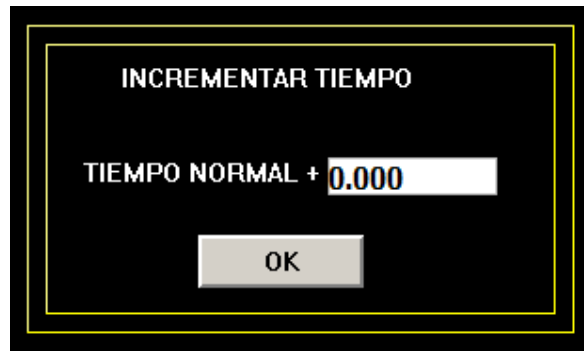


Figura 4.34 Cambio del tiempo del Registro.

En la interfaz se han diseñado dos ventanas, en la primera de ellas B_TV-H1 se visualiza el estado de la línea de abastecimiento y en la segunda ST_BLW un corte superior del Horno, la misma que nos permite visualizar a los sopladores directamente. El modo de acceso a estas ventanas se lo ilustra en la figura 4.35



Figura 4.35 Acceso a las Ventanas de Supervisión.

Para acceder a las ventanas descritas con anterioridad es necesario pulsar en los botones indicados.

4.2.3 Ventana B_TV-H1

En la ventana mostrada a continuación en la figura 4.36, visualizaremos el estado de las válvulas de Presión y Purga, las mismas que estarán de color rojo al estar en su posición inicial y cambiarán a verde al momento de recibir una señal de voltaje en su solenoide.

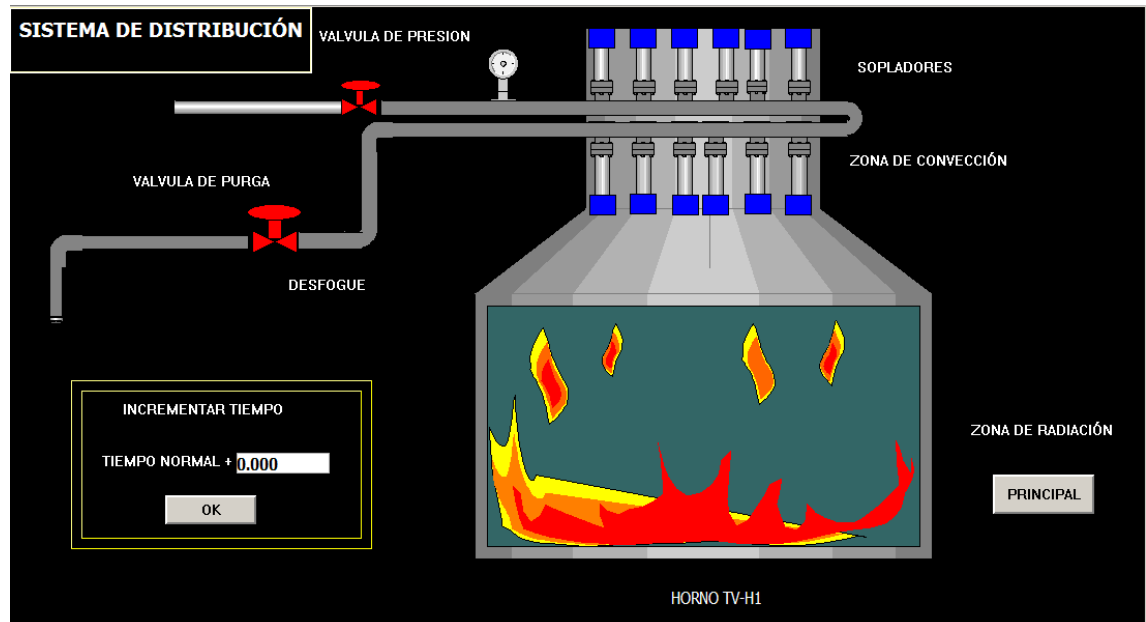


Figura 4.36 Esquema general del Horno

Los motores pertenecientes a cada soplador también son indicados en su estado inicial, y al activarse aparecerá el número de cada motor titilando sobre el recuadro azul como se lo indica en la figura 4.37.



Figura 4.37 Representación del Proceso de Soplado

Se indica también el estado de la línea que abastece de vapor hacia cada uno de ellos, la misma que en su activación se visualizará de color azul en cada posición antes de su correspondiente soplador. Para regresar a la pantalla principal debemos oprimir el botón PRINCIPAL ubicado en la parte inferior derecha de la pantalla.

4.2.4 Ventana ST_BLW

En esta ventana se muestran la totalidad de sopladores en el corte ya mencionado, al activarse cada uno de ellos el gráfico del SB_1 al SB_12, titilará con un color azul para indicar su funcionamiento. En la figura 4.38 se indica la distribución de los sopladores en el sistema.

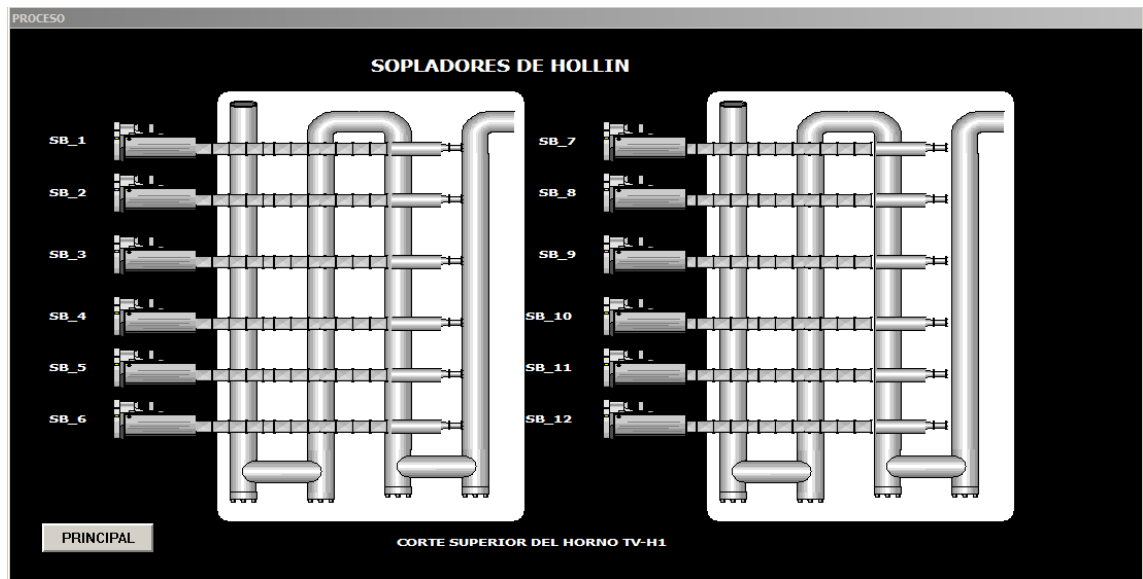


Figura 4.38, Distribución de Sopladores

Para regresar a la pantalla principal debemos oprimir el botón PRINCIPAL, indicado en la figura 4.39.



Figura 4.39 Boton de Regreso

4.2.5 Fallas del Sistema.

4.2.5.1 Falla de Presión

En el caso de existir una falla de presión, la interfaz activará la pantalla mostrada en la figura 4.40, la misma que permitirá dos opciones. La primera, es esperar a que la línea

reestablezca su presión normal y el soplado continúe desde el lugar en donde se quedó, o la de pulsar el reset indicado en la misma figura y terminar el proceso anterior, para empezar el soplado nuevamente.

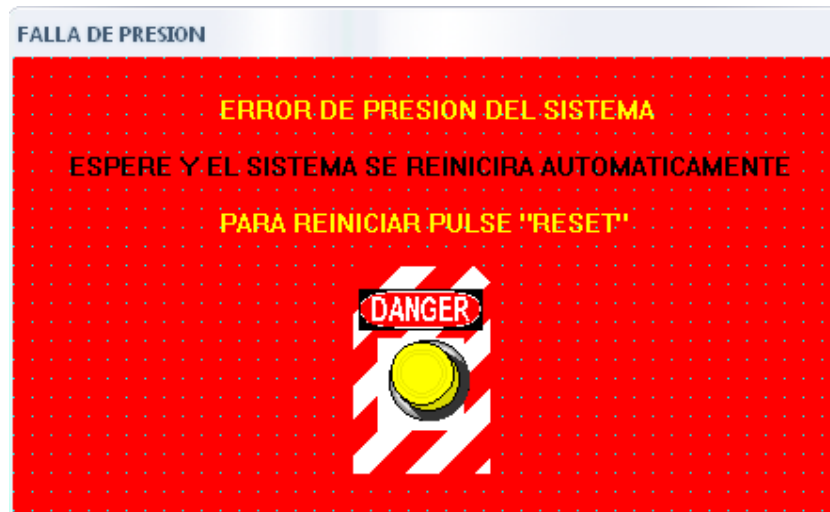


Figura 4.40 Falla de presión

4.2.5.2 Falla térmica

Cuando ocurra una falla del relé termico, se debe parar el proceso, por lo que la unica opción será resetear el sistema mediante un pulso en el RESET de la figura 4.41. para luego tomar acciones de emergencia manuales sobre los motores.



Figura 4.41 Falla Térmica

Para ambos casos una vez pulsado el RESET se debe dar OK en el mensaje de confirmación, como se lo indica en la figura 4.42



Figura 4.42 Sistema Reestablecido.

4.2.6 Fallas en las Válvulas de Control.

Al existir fallas en la posición inicial de las válvulas, el programa no permitirá arrancar la aplicación hasta que se hayan tomado las medidas pertinentes para solucionar el problema, por lo que no existirá manera de arancar el proceso con las válvulas descompuestas. El mensaje de error se lo mostrará en una pantalla única y será ilustrado en las figuras 4.43 y 4.44, de error en la valvula de presión y purga respectivamente.



Figura 4.43 Falla en Válvula de Presion.



Figura 4.43 Falla en Válvula de Purga.

En este capítulo se ha revisado la funcionalidad básica de cada pantalla, sin embargo su funcionamiento y corrida se indicará en el capítulo de simulación y en el manual de usuario que constará en el **Anexo 3**.

CAPITULO V

SIMULACIÓN

5.1 INTEGRACIÓN DE COMPONENTES

La asignación de las direcciones en el controlador lógico programable, se las realizo en función del tipo de variable que se maneja en el proceso físico, y su especificación en la Interfaz HMI.

Las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 indican la unificación de los elementos del sistema, es decir, la integración de las direcciones físicas y lógicas con sus respectivos tags en la Interfaz. Para lo cual se ha incluido una breve descripción de su funcionalidad.

5.1.1 Salidas del PLC

La tabla 5.1 indica la relación entre los niveles dos y tres de la red industrial, en lo que a las salidas se refiere, es decir entre el nivel de supervisión y de control del proceso.

| SALIDAS DEL PLC | | | |
|-----------------|----------|-----------|---|
| ITEM | TAG | DIRECCION | DESCRIPCION |
| 1 | SAL_M1 | 00001 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 2 | SAL_M2 | 00002 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 3 | SAL_M3 | 00003 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 4 | SAL_M4 | 00004 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 5 | SAL_M5 | 00005 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 6 | SAL_M6 | 00006 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 7 | SAL_M7 | 00007 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 8 | SAL_M8 | 00008 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 9 | SAL_M9 | 00009 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 10 | SAL_M10 | 00010 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 11 | SAL_M11 | 00011 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 12 | SAL_M12 | 00012 | ACTIVA CONTACTOR LC1D150 + LA1D11 |
| 13 | VAL_PRES | 00013 | ENERGIZA LA SELENOIDE DE LA VALVULA VV (NC) |
| 14 | VAL_PURG | 00014 | ENERGIZA LA SELENOIDE DE LA VALVULA VP (NO) |

| | | | |
|----|--------|-------|---------------------------------------|
| 15 | SAL_G1 | 00015 | ACTIVA CONTACTOR LC2.D.125 |
| 16 | SAL_G2 | 00016 | ACTIVA CONTACTOR LC2.D.125 |
| 17 | TIMER | 00017 | INDICADOR DEL TEMPORIZADOR DE SOPLADO |

Tabla 5.1 Salidas del PLC

La salida 10017, nos servirá únicamente para la simulación del programa.

Además de las tablas de direccionamiento, se ha incluido los Racks y su respectivo Slot con la asignación de salidas físicas en el PLC, dicho esquema ha sido tomado del programa del controlador y se lo ilustra en la Figura 5.1

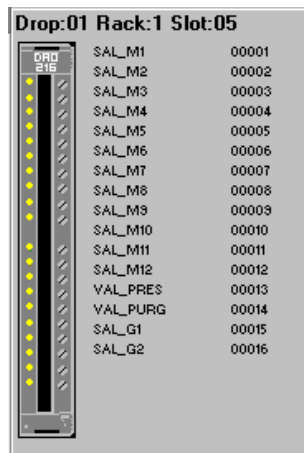


Figura 5.1 Salidas Físicas del PLC

5.1.2 Entradas del PLC

De la misma manera, la tabla 5.2 indica la relación entre los niveles dos y tres de la red industrial, en lo que a las entradas se refiere, es decir entre el nivel de supervisión y de control del proceso.

| |
|-------------------------|
| ENTRADAS DEL PLC |
|-------------------------|

| ITEM | TAG | DIRECCION | DESCRIPCION |
|------|-------|-----------|---|
| 1 | SW1_1 | 10001 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 1 |
| 2 | SW2_1 | 10002 | SWITCH DE FIN DE CARRERA DEL MOTOR 1 |
| 3 | SW1_2 | 10003 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 2 |
| 4 | SW2_2 | 10004 | SWITCH DE FIN DE CARRERA DEL MOTOR 2 |
| 5 | SW1_3 | 10005 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 3 |
| 6 | SW2_3 | 10006 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 3 |
| 7 | SW1_4 | 10007 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 4 |
| 8 | SW2_4 | 10008 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 4 |

| | | | |
|----|-----------------|-------|--|
| 9 | SW1_5 | 10009 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 5 |
| 10 | SW2_5 | 10010 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 5 |
| 11 | SW1_6 | 10011 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 6 |
| 12 | SW2_6 | 10012 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 6 |
| 13 | SW1_7 | 10013 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 7 |
| 14 | SW2_7 | 10014 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 7 |
| 15 | SW1_8 | 10015 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 8 |
| 16 | SW2_8 | 10016 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 8 |
| 17 | SW1_9 | 10017 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 9 |
| 18 | SW2_9 | 10018 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 9 |
| 19 | SW1_10 | 10019 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 10 |
| 20 | SW2_10 | 10020 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 10 |
| 21 | SW1_11 | 10021 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 11 |
| 22 | SW2_11 | 10022 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 11 |
| 23 | SW1_12 | 10023 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 12 |
| 24 | SW2_12 | 10024 | SWITCH DE INICIO DE CARRERA DEL MOTOR 12 |
| 25 | PRESION | 10025 | SWITCH DE NIVEL DE PRESION |
| 26 | TERMICO | 10026 | RELE DE PROTECCION TERMICA LR1.D09307 |
| 27 | SW1_PRE | 10027 | FIN DE CARRERA DE LA VALVULA VV |
| 28 | SW2_PURG | 10028 | FIN DE CARRERA DE LA VALVULA VP |

Tabla 5.2 Entradas del PLC

Para el caso de las entradas del PLC, también se ha incluido el Rack y sus respectivos Slots 3 y 4, con su respectiva asignación de direcciones físicas, este esquema se representa en las figuras 5.2 y 5.3.

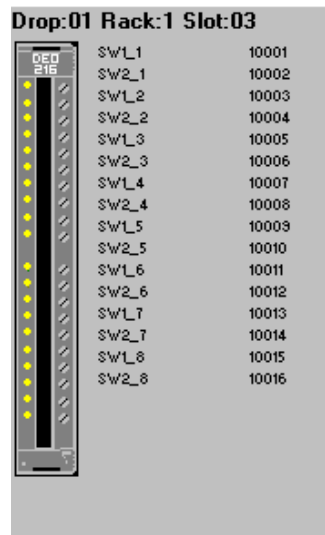


Figura 5.2 Entradas Físicas del PLC (Slot 03)

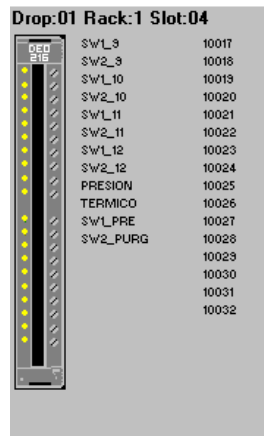


Figura 5.3 Entradas Físicas del PLC (Slot 04)

5.1.3 Variables Auxiliares.

La tabla 5.3 resume las variables internas del programa del PLC, necesarias para tomar acciones que determinan el uso o el estado de las salidas y entradas físicas del programa. Son de gran importancia en la estructuración del programa en sí y de la lógica de control orientada a satisfacer los requerimientos de control.

| VARIABLES AUXILIARES | | | |
|----------------------|-----------|-----------|---|
| ÍTEM | TAG | DIRECCIÓN | DESCRIPCIÓN |
| 1 | INT_ON | 00100 | ENCENDIDO DE LA INTERFAZ |
| 2 | INT_START | 00101 | CORRIDA DE LOS SOPLADORES DESDE INTERFAZ |
| 3 | COMENZAR | 00102 | INICIALIZA EL PROCESO |
| 4 | INT_M1 | 00103 | ESCOGER MOTOR 1 |
| 5 | INT_M2 | 00104 | ESCOGER MOTOR 2 |
| 6 | INT_M3 | 00105 | ESCOGER MOTOR 3 |
| 7 | INT_M4 | 00106 | ESCOGER MOTOR 4 |
| 8 | INT_M5 | 00107 | ESCOGER MOTOR 5 |
| 9 | INT_M6 | 00108 | ESCOGER MOTOR 6 |
| 10 | INT_M7 | 00109 | ESCOGER MOTOR 7 |
| 11 | INT_M8 | 00110 | ESCOGER MOTOR 8 |
| 12 | INT_M9 | 00111 | ESCOGER MOTOR 9 |
| 13 | INT_M10 | 00112 | ESCOGER MOTOR 10 |
| 14 | INT_M11 | 00113 | ESCOGER MOTOR 11 |
| 15 | INT_M12 | 00114 | ESCOGER MOTOR 12 |
| 16 | BORRAR | 00116 | PERMITE ENCERAR LOS AUXILIARES DE LOS MOTORES |
| 17 | G1_1 | 00117 | AVANCE DEL MOTOR 1 |
| 18 | M1_1 | 00118 | ACTIVA MOTOR 1 |
| 19 | G2_1 | 00119 | REGRESO DEL MOTOR 1 |
| 20 | M1_2 | 00120 | ACTIVA MOTOR 1 |
| 21 | AUX_1 | 00121 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 22 | G1_2 | 00122 | AVANCE DEL MOTOR 2 |

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

| | | | |
|----|---------------|-------|------------------------------|
| 23 | M2 1 | 00123 | ACTIVA MOTOR 2 |
| 24 | G2 2 | 00124 | REGRESO DEL MOTOR 2 |
| 25 | M2 2 | 00125 | ACTIVA MOTOR 2 |
| 26 | AUX 2 | 00126 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 27 | G1 3 | 00127 | AVANCE DEL MOTOR 3 |
| 28 | M3 1 | 00128 | ACTIVA MOTOR 3 |
| 29 | G2 3 | 00129 | REGRESO DEL MOTOR 3 |
| 30 | M3 2 | 00130 | ACTIVA MOTOR 3 |
| 31 | AUX 3 | 00131 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 32 | G1 4 | 00132 | AVANCE DEL MOTOR 4 |
| 33 | M4 1 | 00133 | ACTIVA MOTOR 4 |
| 34 | G2 4 | 00134 | REGRESO DEL MOTOR 4 |
| 35 | M4 2 | 00135 | ACTIVA MOTOR 4 |
| 36 | AUX 4 | 00136 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 37 | G1 5 | 00137 | AVANCE DEL MOTOR 5 |
| 38 | M5 1 | 00138 | ACTIVA MOTOR 5 |
| 39 | G2 5 | 00139 | REGRESO DEL MOTOR 5 |
| 40 | M5 2 | 00140 | ACTIVA MOTOR 5 |
| 41 | AUX 5 | 00141 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 42 | G1 6 | 00142 | AVANCE DEL MOTOR 6 |
| 43 | M6 1 | 00143 | ACTIVA MOTOR 6 |
| 44 | G2 6 | 00144 | REGRESO DEL MOTOR 6 |
| 45 | M6 2 | 00145 | ACTIVA MOTOR 6 |
| 46 | AUX 6 | 00146 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 47 | G1 7 | 00147 | AVANCE DEL MOTOR 7 |
| 48 | M7 1 | 00148 | ACTIVA MOTOR 7 |
| 49 | G2 7 | 00149 | REGRESO DEL MOTOR 7 |
| 50 | M7 2 | 00150 | ACTIVA MOTOR 7 |
| 51 | AUX 7 | 00151 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 52 | G1 8 | 00152 | AVANCE DEL MOTOR 8 |
| 53 | M8 1 | 00153 | ACTIVA MOTOR 8 |
| 54 | G2 8 | 00154 | REGRESO DEL MOTOR 8 |
| 55 | M8 2 | 00155 | ACTIVA MOTOR 8 |
| 56 | AUX 8 | 00156 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 57 | G1 9 | 00157 | AVANCE DEL MOTOR 9 |
| 58 | M9 1 | 00158 | ACTIVA MOTOR 9 |
| 59 | G2 9 | 00159 | REGRESO DEL MOTOR 9 |
| 60 | M9 2 | 00160 | ACTIVA MOTOR 9 |
| 61 | AUX 9 | 00161 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 62 | G1 10 | 00162 | AVANCE DEL MOTOR 10 |
| 63 | M10 1 | 00163 | ACTIVA MOTOR 10 |
| 64 | G2 10 | 00164 | REGRESO DEL MOTOR 10 |
| 65 | M2 10 | 00165 | ACTIVA MOTOR 10 |
| 66 | AUX 10 | 00166 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 67 | G1 11 | 00167 | AVANCE DEL MOTOR 11 |
| 68 | M11 1 | 00168 | ACTIVA MOTOR 11 |
| 69 | G2 11 | 00169 | REGRESO DEL MOTOR 11 |
| 70 | M11 2 | 00170 | ACTIVA MOTOR 11 |
| 71 | AUX 11 | 00171 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 72 | G1 12 | 00172 | AVANCE DEL MOTOR 12 |
| 73 | M12 2 | 00173 | ACTIVA MOTOR 12 |
| 74 | G2 12 | 00174 | REGRESO DEL MOTOR 12 |

| | | | |
|----|--------------------|-------|---|
| 75 | M12 2 | 00175 | ACTIVA MOTOR 12 |
| 76 | AUX 12 | 00176 | AUXILIAR PARA MODO ALEATOREO |
| 77 | TODO INICIO | 00201 | INICIALIZAR PRIMER MOTOR |
| 78 | FINPROCE | 00300 | FINALIZACION DEL PROCESO |
| 79 | INT_OKF | 00301 | |
| 80 | AUX_VALVU | 00303 | SALIDA DEL TEMPORIZADOR DE LA VALVULA VP |
| 81 | MOTORES | 00304 | ENERGIZA LINEA DE MOTORES |
| 82 | AUX PURGA | 01600 | AUXILIAR DE CIERRE DE VALVULA DE PURGA NO |
| 83 | RESET | 10255 | FINALIZA EL PROGRAMA |
| 84 | TIMER | 40001 | INCREMENTA TIEMPO DE SOPLADO |

Tabla 5.3 Variables Auxiliares

5.2 SIMULACIÓN

Como pudimos observar en la integración de componentes, para motivos de simulación utilizaremos como módulos de I/O del PLC los siguientes:

5.2.1 Modulo de Entradas Discretas: DEP 216

5.2.1.1 Especificaciones:

Number of Points: 16

Operating Voltage: 24 VAC, +25% - 15%

Isolation: None

Number of Groups: 2

Points per Group: 8

On Conditions: +12 VDC... +30 VDC

Off Conditions: -2 VDC... +5 VDC

Wetting Current: 7 milliamps @ 24 VDC

Response Time

- o Off to On: 4 milliseconds
- o On to Off: 4 milliseconds

Power Required:

- o Internal: 15 milliamps @ 5 V

5.2.1.2 Modo de Conexiones:

El modo de conexiones del modulo usado para las señales de entrada del controlador, se ilustra en la figura 5.4.

| | |
|-------------|----|
| +24VDC | 01 |
| Comp. P=01- | 02 |
| Z=5 | 03 |
| Z=4- | 04 |
| Z=3- | 05 |
| Z=2- | 06 |
| Z=1- | 07 |
| Z=L | 08 |
| Z=0 | 09 |
| Z=U | 10 |
| Z=0 | 11 |
| +24VDC | 12 |
| Comp. P=01- | 13 |
| Z=5 | 14 |
| Z=4- | 15 |
| Z=3- | 16 |
| Z=2- | 17 |
| Z=1- | 18 |
| Z=L | 19 |
| Z=0 | 20 |
| Z=U | 21 |
| Z=0 | 22 |

Figura 5.4 Conexiones del módulo DEP 216

5.2.2 Descripción de los Elementos.

Para efectos de verificar el funcionamiento de la red industrial, se ha diseñado una maqueta, indicada en la figura 5.5, en la cual se pretende emular el funcionamiento de los motores y sus límites de carrera, además de la maniobra de las válvulas del sistema. Los avisos luminosos se han implementado en la interfaz HMI únicamente para efectos de la simulación y prueba de resultados.

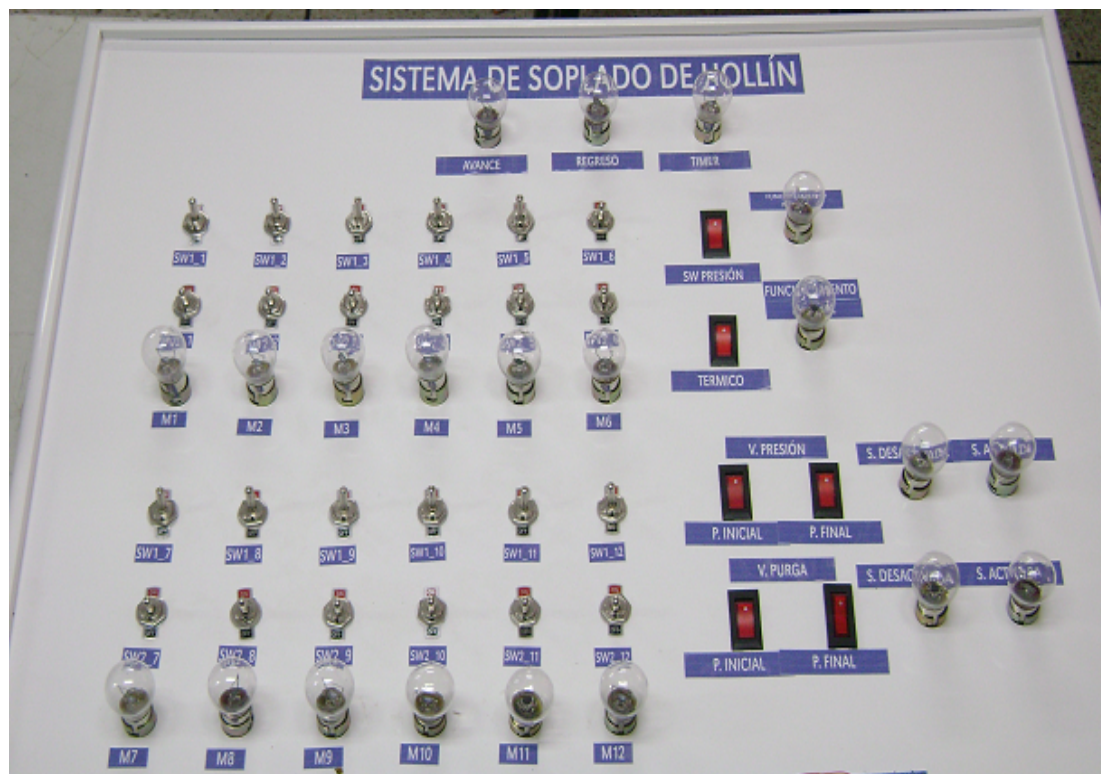


Figura 5.5 Maqueta de Simulación

Los Switch indicados en la figura 5.6 corresponden a los límites de carrera de los tres primeros motores del sistema. Por lo que se ha procedido a rotularlos de la manera adecuada para que el usuario pueda entender el proceso.



Figura 5.6 Límites de Carrera del Primer al Tercer Motor

De la misma manera indicaremos en las figuras 5.7, 5.8 y 5.9 los Switch de Inicio y límites de carrera desde el cuarto hasta el doceavo motor.



Figura 5.7 Límites de Carrera del Cuarto al Sexto Motor

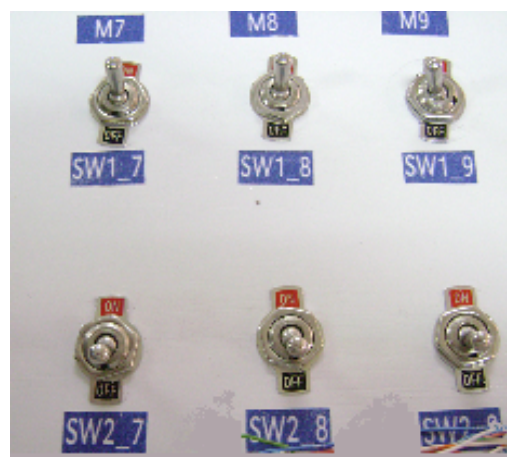


Figura 5.8 Límites de Carrera del Séptimo al Noveno Motor

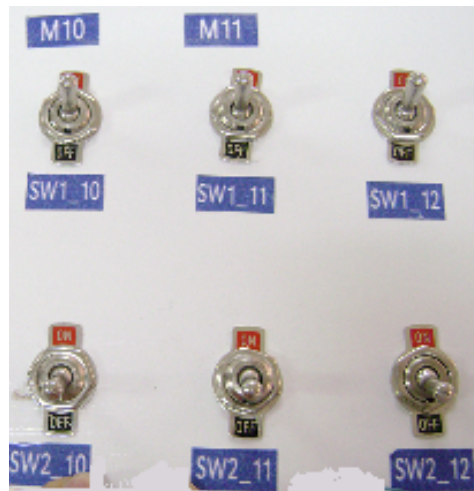


Figura 5.9 Limites de Carrera del Decimo al Doceavo Motor

5.2.3 Simulación en modo secuencial.

Como ya se ha venido analizando con anterioridad, es necesario que el sistema este en correcto funcionamiento para poder empezar su marcha, sin embargo se han tomado las precauciones necesarias para asegurar que no existan desperfectos del sistema, lo cual será analizado en el capítulo de pruebas y resultados. Suponiendo un correcto estado del sistema, es necesario que los Switch iniciales estén en la posiciones indicadas en las figura 5.5. Luego, podemos iniciar el proceso ingresando la clave de usuario en la interfaz HMI en la ventana de Ingreso indicada en la figura



Figura 5.10 Pantalla de Ingreso

Una vez pulsado el botón INGRESO, deberemos colocar el usuario “**REE**” y la contraseña “**control**” en la ventana 5.11.

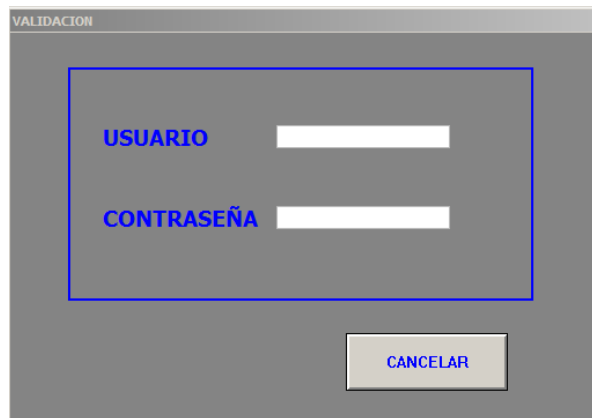


Figura 5.11 Validación de Datos

En la pantalla principal indicada en la figura 5.12, se debe pulsar el botón de encendido que se muestra como ON GENERAL, para luego pulsar el botón para iniciar la secuencia automática ilustrado en la figura 5.13.

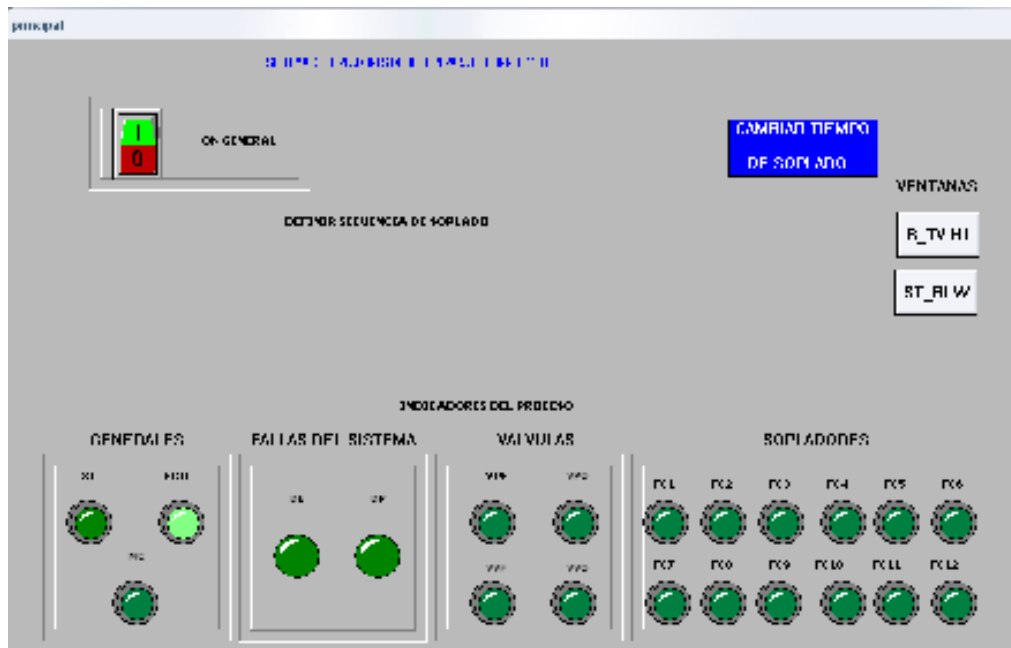


Figura 5.12 Pantalla Principal Inicial

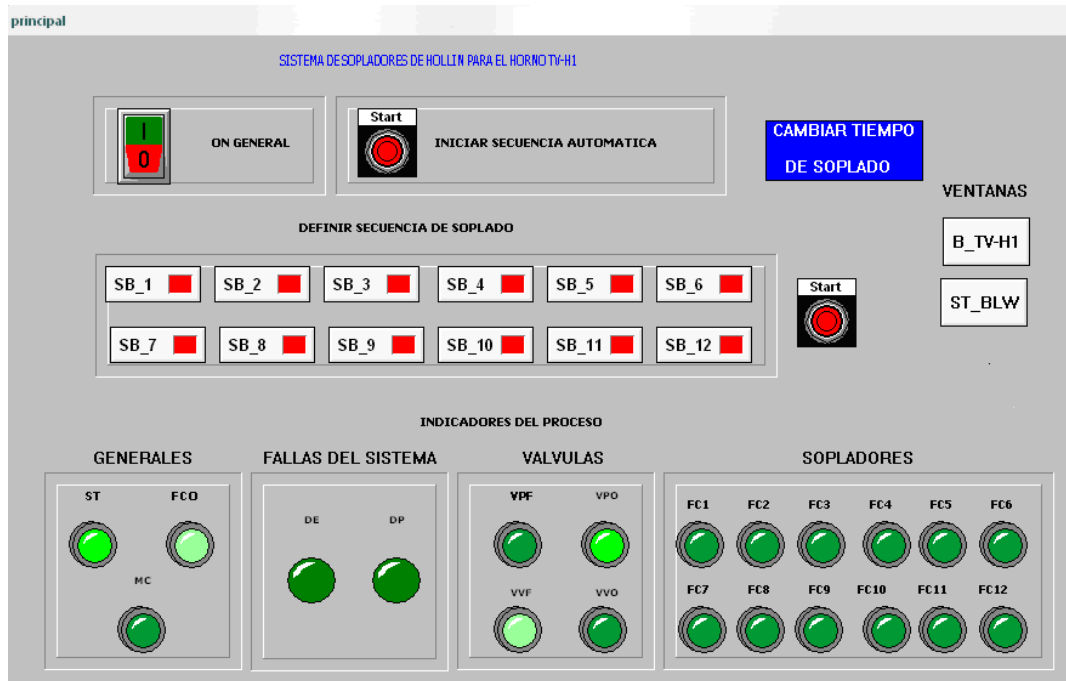


Figura 5.13 Pantalla Principal Completa

Una vez pulsado el botón indicado, el aspecto de la pantalla principal queda como el indicado en la figura 5.14.

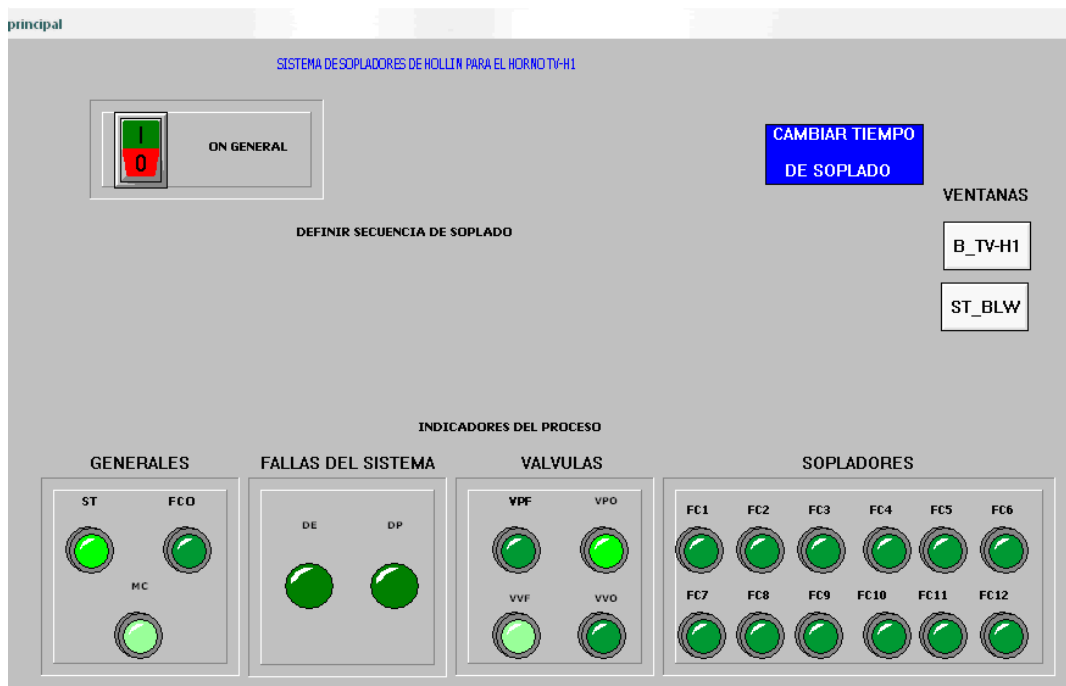


Figura 5.14 Pantalla Luego de Inicio de ciclo.

Para motivos de la simulación, es necesario que los Switch de Presión y el Switch térmico se encuentren en la posición indicada en la figura 5.15 para evitar fallas en el transcurso del mismo.



Figura 5.15 Posición Normal de los Switch del Sistema.

Entonces, la posición inicial de las válvulas será la mostrada en la figura 5.16, es decir la válvula de presión cerrada y la válvula de purga abierta.

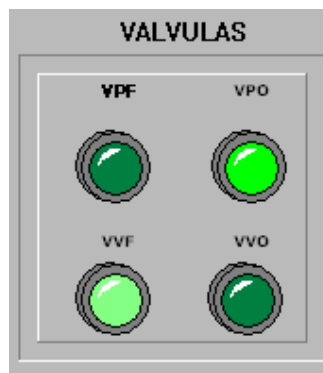


Figura 5.16 Estado Normal de Válvulas

Los indicadores del proceso, se indican en la figura 5.17, y muestran el inicio del ciclo y la puesta en marcha del proceso.

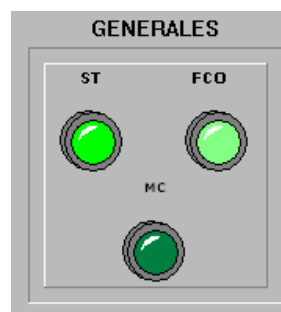


Figura 5.17 Sistema Energizado.

Luego de esto, se debe verificar la pantalla de simulación y se podrá notar que todos los elementos de la misma se encuentran apagados, como en la figura 5.18.

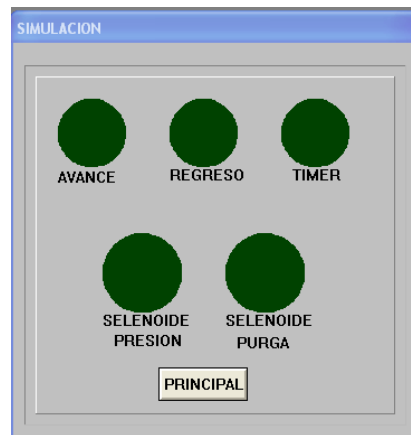


Figura 5.18 Pantalla de Simulación Inicial.

En el inicio del ciclo, el sistema energiza la válvula de presión de forma automática, lo cual se puede verificar en la figura 5.19.

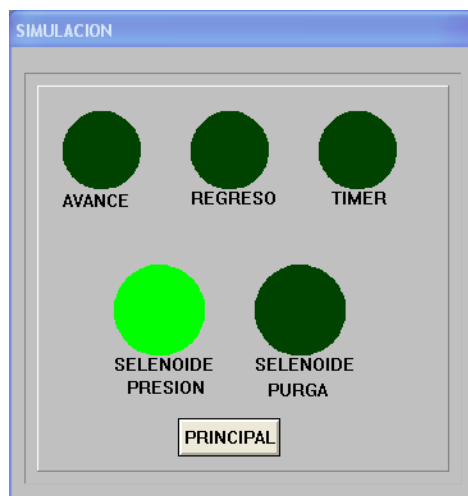


Figura 5.19 Válvula de Presión Energizada.

Los indicadores del sistema cambian de forma automática como se muestra en la figura 5.20, pues el Switch de inicio de la válvula de presión queda abierto, y en el transcurso de un tiempo procede a cerrarse el Switch de fin de la válvula mencionada.

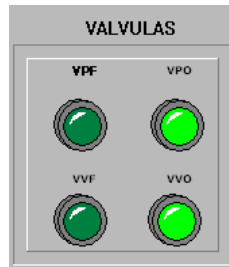


Figura 5.20 Válvula de Presión Abierta.

Cuando la válvula de presión esta en abierta, entonces procede a contar el temporizador que se ha seteado en treinta segundos, luego de lo cual se procede a energizar la válvula de purga, acción que se verifica en la figura 5.21.

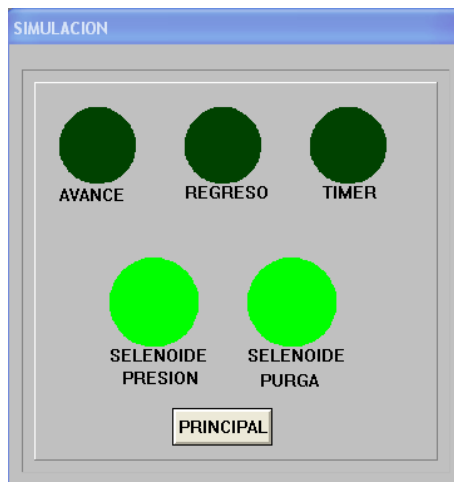


Figura 5.21 Válvula de Presión y Purga Energizadas.

De la misma manera vuelve a cambiar la posición de los indicadores de las válvulas del sistema a la posición indicada en la figura 5.22.

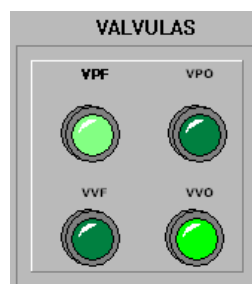


Figura. 5.22 Válvulas en posición final.

Una vez que la válvula de purga se encuentre cerrada, entonces el sistema de manera automática da paso a la salida del primer soplador. La pantalla de simulación debe

encender el indicador que muestra la activación del contactor de avance y la pantalla principal debe encender el indicador de activación del contactor del Motor uno. Lo indicado se ilustra en las figuras 5.23 y 5.24.

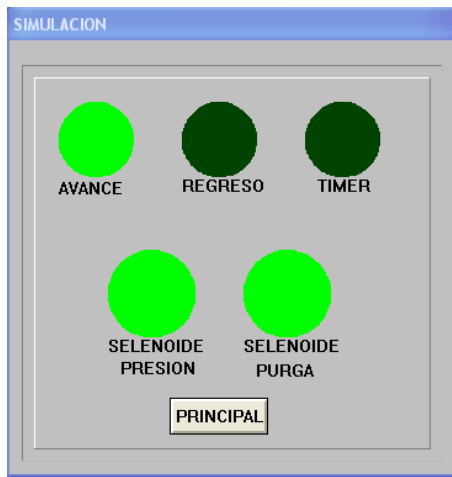


Figura 5.23 Activación del contactor de Arranque.



Figura 5.24 Activación del MOTOR UNO.

Una vez que el primer motor se encuentre encendido, de manera manual se debe desactivar el Switch de inicio de carrera SW1_1 como se lo indica en la figura 5.25.



Figura 5.25 Desactivación del Switch SW1_1.

De este modo, el motor uno queda encendido y el soplador esta en funcionamiento. Para que el motor uno pare su marcha, se debe activar el Switch de límite de carrera SW2_1 de forma manual, hasta la posición indicada en la figura 5.26.



Figura 5.26 Activación del Switch SW2_1.

Una vez que el motor llegue a su posición final, se procede a verificar el tiempo del TIMER, en el cual el soplador se queda en su posición final emitiendo vapor para continuar con el soplado. Entonces podremos observar como cambia la pantalla de simulación en la figura 5.27.

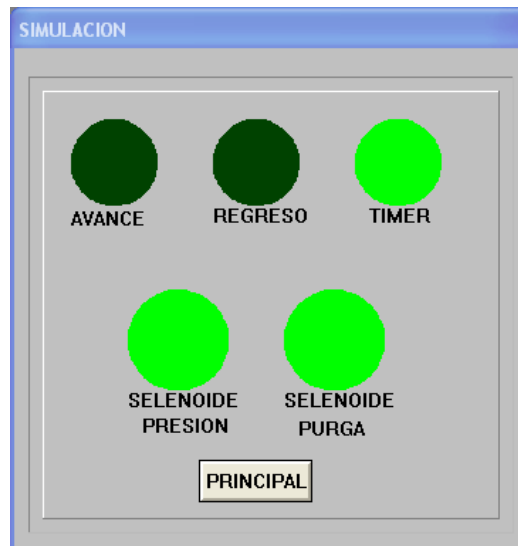


Figura 5.27 Activación del TIMER.

Una vez que termina el tiempo del TIMER, el programa de manera automática activa el contactor de retroceso y el contactor del Motor uno, por lo que la nueva pantalla de simulación se indica en la figura 5.28.

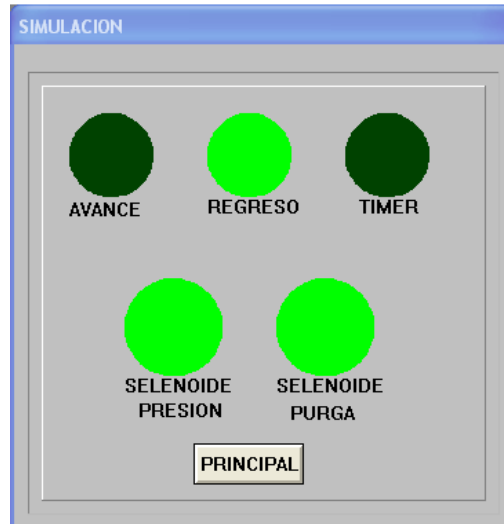


Figura 5.28 Activación del Contactor de Regreso.

Para esta acción, de forma manual se debe desactivar el Switch SW2_1 para indicar que el motor dejó el estado de reposo y empezó su marcha hacia atrás. Una vez que de modo manual se active nuevamente el SW1_1 el indicador de la pantalla de simulación queda como el indicado en la figura 5.23.

De este modo que da encendido el contactor de avance y el sistema queda listo para encender el motor dos, por lo que la pantalla principal queda como se la muestra en la figura 5.29.



Figura 5.29 Activación del MOTOR DOS.

De esta manera continuará el proceso de forma similar hasta llegar al soplador doce, luego de lo cual, al activarse el Switch SW1_12, aparecerá la siguiente pantalla mostrada en la figura 5.30, la misma que permite restablecer el sistema y dejar al proceso listo para empezar un nuevo soplado.

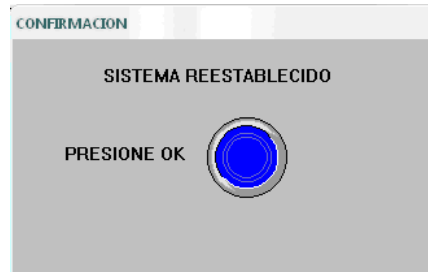


Figura 5.30 Confirma el sistema restablecido.

Una vez pulsado sobre OK, las válvulas vuelven a la posición inicial y se desenergizan las solenoides y el sistema vuelve a quedar como se lo indico en las figuras 5.16 y 5.18. En la pantalla principal se enciende el indicador de fin de ciclo mostrado en la figura 5.31.



Figura 5.31 Fin de Ciclo.

5.2.4 Simulación en modo alternado.

En modo alternado, la secuencia de pasos para ejecutar el sistema es similar, únicamente varía la manera de escoger a los sopladores. Al momento de ingresar a la pantalla principal, y luego de que se ha encendido el sistema, se procede a seleccionar los sopladores mediante los botones indicados en la figura 5.32.

La condición para saber si el motor se integro, es que su indicador cambia a color verde de la manera ilustrada en la figura 5.32.

Para ejemplificar lo dicho, se imaginará que se escoge la secuencia de los motores impares, entonces luego de dar click sobre SB_1, SB_3, SB_5, SB_7, SB_9, y SB_11, los indicadores quedarán encendidos como lo indica la figura 5.32.

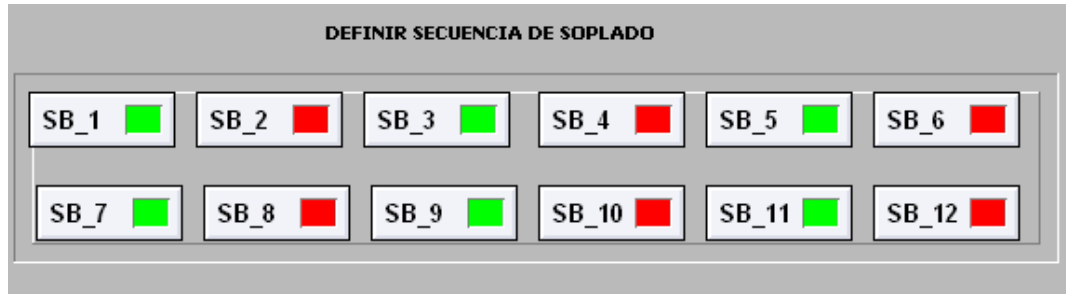


Figura 5.32 Definir Secuencia Aleatoria.

Al pulsar los botones de START, la pantalla principal esconderá las opciones de empezar el ciclo por razones de seguridad del proceso, por lo que la pantalla de inicio resultante se la describe en la figura 5.33.

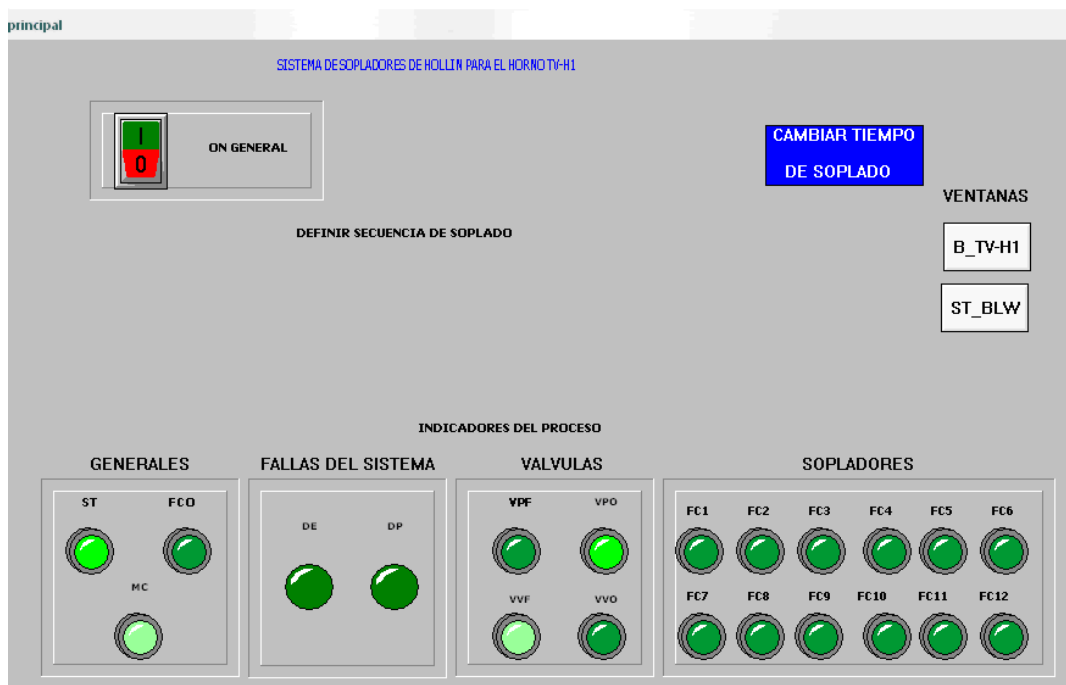


Figura 5.33 Pantalla Luego de Inicio de ciclo.

Una vez que se cumpla con los pasos establecidos, se nota que el proceso seguido en el orden secuencial se repite, energizándose las válvulas hasta que sus fines de carrera alcancen la posición adecuada para iniciar el proceso. Es decir se visualizarán los mismos resultados y ventanas que las analizadas desde la figura 5.16 hasta la figura 5.23.

No obstante la diferencia radica en que al final de la carrera del primer soplador, el segundo no saldrá, pues la secuencia se integra con el tercer soplador. Por lo que se debe manualmente mover el Switch SW1_3 para indicar la salida del soplador mediante el entorno simulado, como se lo indica en la figura 5.34.



Figura 5.34 Switch SW1_3.

Luego de lo cual, la ventana de simulación se coloca como lo ilustra la figura 5.23. La pantalla principal indica el funcionamiento del motor número tres como se lo indica en la figura 5.35.



Figura 5.35 Activación del MOTOR TRES.

El siguiente paso es energizar la entrada al controlador que comanda el Switch SW2_3, mediante su activación manual como se lo indica en la figura 5.36.



Figura 5.36 Activación del Switch SW2_3.

Entonces el motor ha llegado a su posición final de recorrido en su carrera de salida, por lo que la ventana de simulación queda de la manera indicada en las figuras 5.27 y 5.28.

Luego de que se active nuevamente el contactor de salida será el motor cinco el que inicie el ciclo, por lo que el proceso sigue de manera similar, para luego integrar a los motores siete, nueve y once respectivamente. Una vez que el motor once complete el ciclo, se habrá terminado el proceso, por lo que el sistema se restablecerá mediante el esquema indicado en las figuras 5.30 y 5.31. Entonces la pantalla principal se muestra nuevamente, y se inicializan todas sus opciones de funcionamiento.

CAPITULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 INTEGRACIÓN DE LAS VENTANAS A LA SIMULACIÓN

En el capítulo anterior se ha descrito la parte medular de la ejecución del proceso para indicar que el programa y la interfaz funciona de la manera esperada, no obstante en la interfaz existen otras ventanas que para el operador serán muy importantes, en las cuales se grafica los sopladores individualmente y la línea de abastecimiento de vapor hasta ellos.

6.1.1 VENTANA B_TV-H1

La ventana B_TV-H1 al momento de iniciar el sistema, se encuentra de la manera mostrada en la figura 6.1, en donde se indica la válvula de purga abierta y la válvula de presión cerrada.

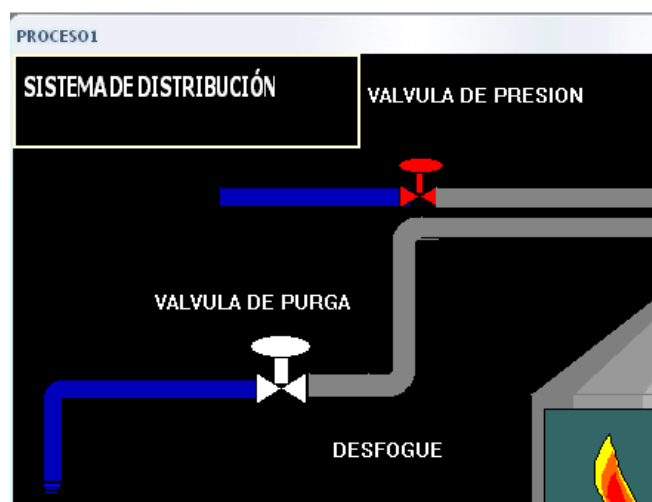


Figura 6.1 Animación de Válvula en estado normal

Luego de iniciado el proceso, ya sea en forma secuencial o automática, la válvula de presión se procede a abrir, por lo que la ventana nos queda como se indica en la figura 6.2.

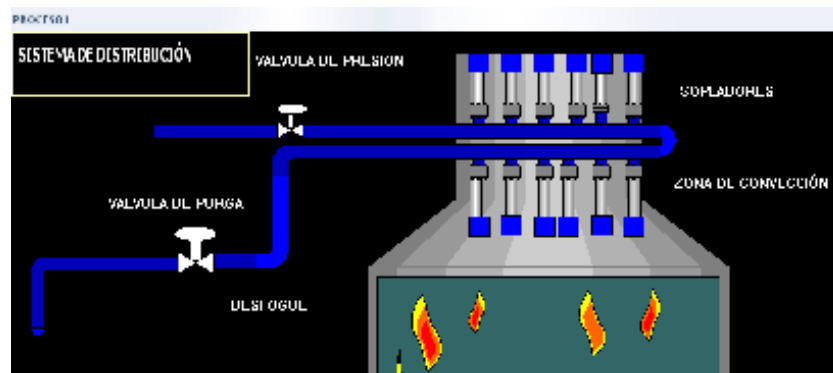


Figura 6.2 Animación de válvula de presión abierta

Luego del transcurso del tiempo del TIMER seteado en 30 segundos, la válvula de purga se energiza y se cierra, por lo que la interfaz queda de la manera indicada en la figura 6.3

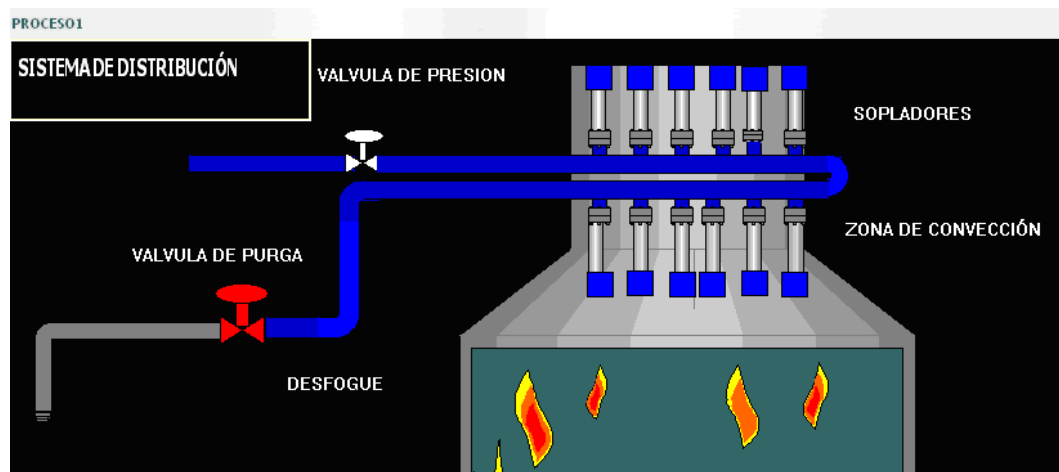


Figura 6.4 Animación de Válvulas en posición final.

Una vez que los sopladores inician su ciclo ya sea de forma secuencial o aleatoria, entonces se procesan a encender los indicadores en los recuadros azules ubicados en el extremo superior e inferior de la zona de convección del Horno. Para ejemplificar lo dicho, se simulará al soplador uno en funcionamiento. Entonces la interfaz nos debe quedar de la manera indicada en la figura 6.4 y 6.5.

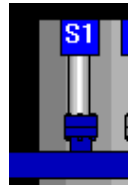


Figura 6.4 Motor uno Encendido

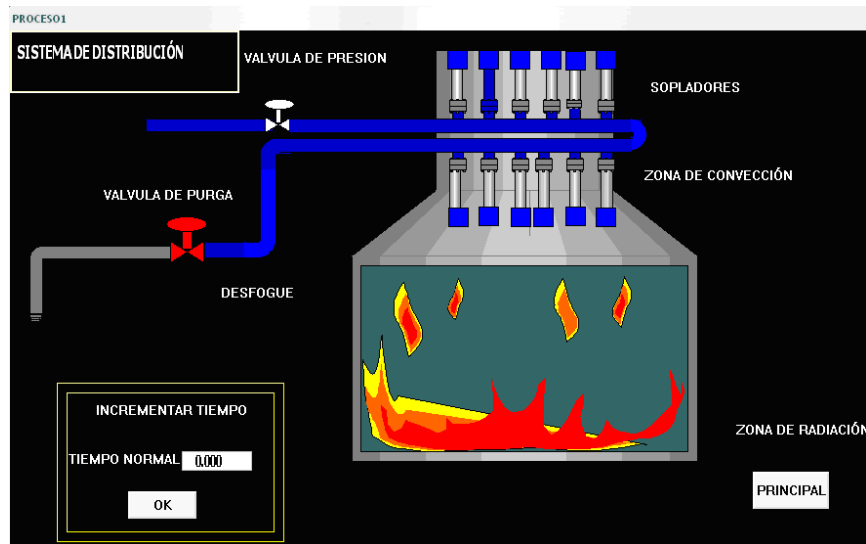


Figura 6.5 Animación del Soplador Dos en Funcionamiento

De igual manera se encenderá un aviso para cada uno de los doce motores en forma secuencial o de los motores escogidos en la secuencia del operador. Al terminar el proceso las válvulas quedarán como en la figura 6.1.

6.1.1.1 Error en las válvulas del Sistema

En el caso de que la posición inicial de las válvulas en el proceso fuese incorrecta, es decir, las mismas se encuentren averiadas por diferentes motivos, se procede a desplegar alarmas que indican al operador que no puede iniciar el proceso debido a fallas en dichos elementos. Para el caso en que la válvula de presión fallase aparecerá la ventana mostrada en la figura 6.6.



Figura 6.6 Falla en Válvula de Presion.

Y para el caso en que la válvula de purga fallase aparecerá la ventana mostrada en la figura 6.7.



Figura 6.7 Falla en Válvula de Purga.

Entonces, para poder seguir con la aplicación se deberá corregir la falla en las mismas o el sistema no podrá ser iniciado.

6.1.2 VENTANA ST_BLW

En esta ventana una vez que la aplicación se encuentra en marcha podremos ver el estado de encendido o apagado de los sopladores independientemente del orden de soplado escogido. Para indicar el funcionamiento de un soplador ejemplificaremos al soplador número dos en la figura 6.8. Cabe recalcar que el soplador titilará durante todo su ciclo, es decir durante el avance, el regreso y el timer.

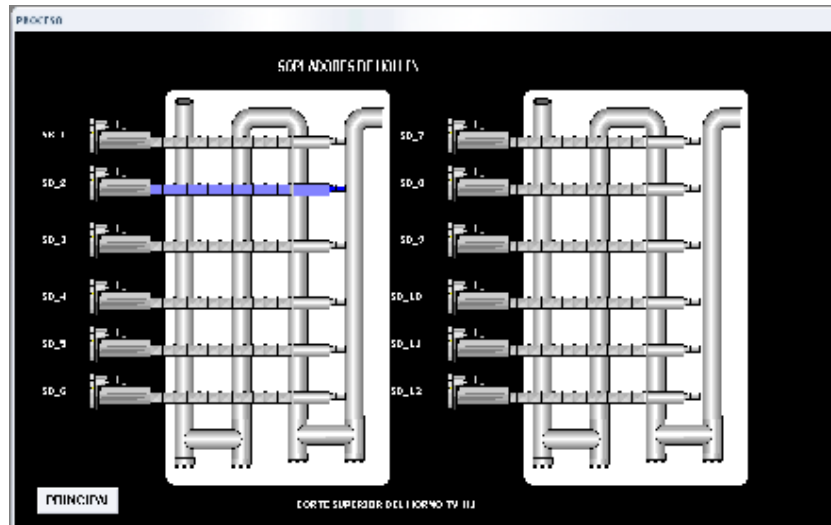


Figura 6.8 Soplador Dos Encendido

6.1.3 Error de Presión del sistema

Quando el proceso se encuentre en funcionamiento, uno de los requerimientos de control, fue el desplegar una alarma cuando la presión en la línea caiga. La alarma se la muestra en la figura 6.9

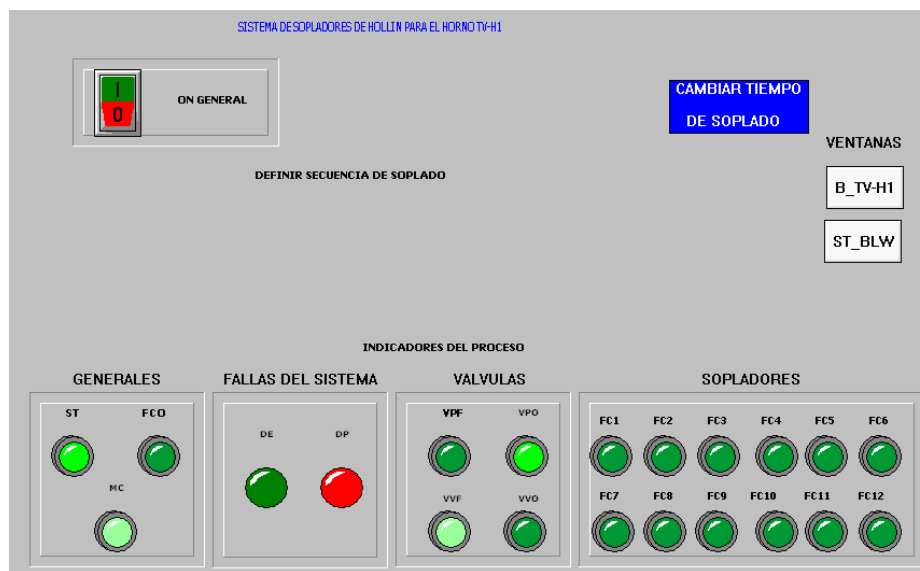


Figura 6.9 Pantalla principal en Falla de Presión.

Además de cumplir este requerimiento, se despliega un aviso para indicar la acción que desee tomar el operador, el mismo que se lo ilustra en la figura 6.10.



Figura 6.10 Pantalla principal con Aviso en Falla de Presión.

Mientras no pulsemos ningún botón, el controlador no tomará acción alguna mas que detener el sistema en el soplador en el que se encontraba el proceso y regresarlo, para luego continuar el soplado desde el mismo lugar en el que se paró. Sin embargo, si pulsamos Reset, el sistema se restablece y se inicia en el primer soplador una vez que la línea de presión vuelva a tener el valor normal.

Supondremos que el soplador dos estaba en su recorrido hacia adelante, cuando ocurre una falla de presión, la ventana de simulación que se encontraba como la indicada en la figura 4.23, se cambiará automáticamente a la mostrada en la figura 6.11.

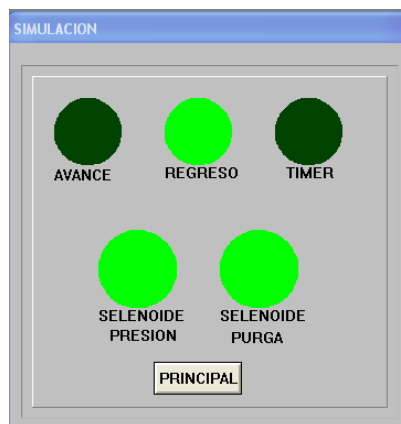


Figura 6.11 Acción de Control ante una falla de Presión.

Luego de que el motor llegue a su final, se debe de manera manual para la simulación volver el Switch del motor que este en funcionamiento a su posición inicial, para lo que la ventana de simulación quedará de la manera mostrada en la figura 6.12.

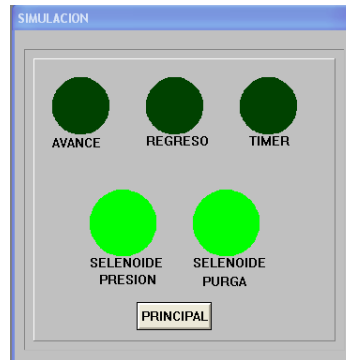


Figura 6.12 Ventana de Simulación ante falla de presión.

La ventana principal se ilustra en la figura 6.13. El indicador que se encuentre encendido permitirá saber cual es el soplador que estaba en funcionamiento.



Figura 6.13 Soplador en funcionamiento

6.1.4 Falla de los Motores

Ante una falla en el relé térmico, el sistema se para mediante una alarma en la ventana principal y luego mediante un aviso similar al de falla de presión. Lo dicho se lo ilustra en las figuras 6.14 y 6.15.



Figura 6.14 Error por falla Térmica.

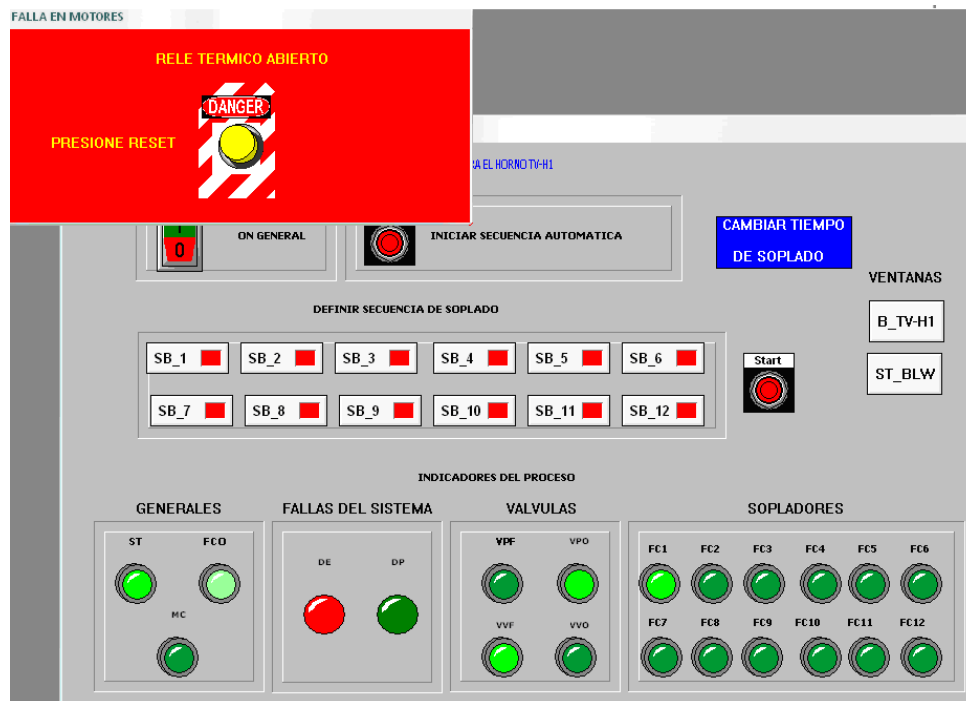


Figura 6.15 Pantalla por falla Térmica.

Entonces al pulsar Reset, el controlador y la interfaz se restablecen y no permiten arrancar el sistema hasta que de manera manual se vuelva al soplador a su posición inicial.

6.1.4 Uso de los Temporizadores

La figura 6.16 permite visualizar que el operador podrá variar el tiempo de soplado de cada soplador por diferente, mediante la colocación del mismo en segundos en la interfaz. Esto se lo debe realizar antes de iniciar la secuencia de soplado en cualquier secuencia.

The image shows a control panel for adjusting blower times. At the top, a blue header reads 'TIEMPO DE SOPLADO'. Below it, a black background features the title 'INCREMENTAR TIEMPO' in yellow. There are 12 yellow-bordered boxes arranged in a 4x3 grid, each representing a blower (SOPLADOR 1 to 12). Each box contains the text 'TIEMPO NORMAL +' followed by a white input field containing the value '0.000'. At the bottom center of the panel is a yellow 'OK' button.

Figura 6.16 Tiempos de Incremento para cada soplador

Una vez configurados los tiempos se debe pulsar ok y se podrá regresar a la pantalla principal. El funcionamiento total del sistema se lo describe en el manual de Usuario del Proyecto.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL

El presupuesto referencial, se fundamentará en los costos de todos los elementos necesarios para la automatización del sistema de soplado de Hollín.

Para ello, se dividirá dichos elementos en dos grupos, el primero, hace referencia al controlador, los módulos de entradas y salidas, fuentes de poder, y todos sus accesorios. Mientras que el segundo, hace referencia a los elementos electromecánicos con los que se podrá contar, como el caso de relés, y contactores.

Las electroválvulas, el transformador, los motores y el Switch de Presión del sistema no serán tomados en cuenta para el análisis debido a que se consideran como elementos fijos del sistema.

Los costos y descripción de los elementos del primer grupo se los ilustra en la tabla 7.1.

| ELEMENTO | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | PRECIO | TOTAL |
|---------------------------------------|--------------|----------|--------|-----------------|
| MODICON OUTPUT MODULE | AS-BDAP-208 | 3 | 229 | 687 |
| MODICON INPUT MODULE | AS-BDEP-209 | 4 | 70 | 280 |
| MODICON BATTERY 3.6 V LITIUM 1100 Mah | 984-A130 | 1 | 22,4 | 22,4 |
| MODICON CPU MODULE | 984-A130 | 1 | 270 | 270 |
| MODICON POWER SUPPLIES | 984-A130-000 | 1 | 100 | 100 |
| SUBRACK 5 I/O MODULES | AS-HDTA 201 | 1 | 328 | 328 |
| SUBRACK 2 I/O MODULES | AS-HDTA 202 | 1 | 89 | 89 |
| A-SW951-012 CABLE PROGRAMAING RS-232 | 984-A130-000 | 1 | 35 | 35 |
| | | | | \$1811,4 |

Tabla 7.1 Elementos del grupo Uno

Los costos y descripción de los elementos del segundo grupo se los ilustra en la tabla 7.2.

| Ref. | Denominación | Cantidad | Tipo | Precio |
|-----------------|--|-----------|-------|--------------|
| F1 A F3 | Fusibles principales Internos | 3 | 3.50 | 10,5 |
| F4 A F5 | Fusibles para entrada de Transformador | 2 | 3.50 | 7 |
| F6 A F7 | Fusibles para salida de Transformador | 2 | 2.50 | 5 |
| F8 A F11 | Fusibles para Valvulaza piloto | 4 | 2.50 | 10 |
| K | Contactores para inversión de GIRO | 2 | 215 | 430 |
| RTH | RELE TERMICO PARA PROTECCION DEL MOTOR, DE 1.6 A 2.5 A | 1 | 29 | 29 |
| R | RELÉ automático/manual | 1 | 35,11 | 35,11 |
| C | CONTACTORES DE SOPLADORES | 12 | 234 | 2808 |

Tabla 7.2 Elementos del grupo Dos

El total de costos de los electos de control y de potencia de la automatización asciende a **\$1811,4** del primer grupo y **\$3334,61** del segundo grupo, lo cual da un total de **\$5146.01**. Es necesario recalcar, que los elementos del segundo grupo ya se encuentran disponibles, por lo que la compra de los elementos se rige al primer grupo únicamente.

La implementación del controlador lógico programable reducirá considerablemente la cantidad de elementos electromecánicos utilizados para el soplado de hollín. La tabla 7.3 nos muestra los elementos que no son necesarios usar al momento de implementar la nuevas estructura.

| Ref. | Denominación | Cantidad |
|------------------|--|----------|
| --- | 2 Cajas de Panel 735 x 510, contra explosiones EExPIIBT3 | 2 |
| SI | Caja Principal de Switch EExDIIBT3 con Switch Principal | 1 |
| CG | SWITCH DE TRES POSICIONES, START-STOP-RESET | 1 |
| BDC | PULSADOR DE INICIO DE CICLO | 1 |
| DC | RELÉ DE INICIO DE CICLO | 1 |
| FDC | RELÉ DE FIN DE CICLO | 1 |
| BTH | PULSADOR PARA RESET TERMICO | 1 |
| PR1 A PR4 | RELES DE CONTROL DE PRESION | 4 |
| RT0 A RT5 | RELÉS PARA PRUEBA DE LUCES | 5 |
| BTL | PULSADOR DE PRUEBA DE LUCES | 1 |
| T | TIMER 0-30' | 1 |

| | | |
|------------------------------|--|----|
| RVVO | RELÉ DE VALVULA DE PRESION ABIERTA | 1 |
| RVVF | RELÉ DE VALVULA DE PRESION CERRADA | 1 |
| RVPO | RELÉ DE VALVULA DE PURGA ABIERTA | 1 |
| RVPF | RELÉ DE VALVULA DE PURGA CERRADA | 1 |
| RK1 A RK12 | BIOTABLE RELAY PARA EL RESET DE SOPLADORES | 12 |
| RM1 A RM 12 | BIOTABLE RELAY PARA EL RESET DE SOPLADORES | 12 |
| CM1 A CM 12 | SWITCH DE DOS POSICIONES ON-OFF | 12 |

Tabla 7.3 Elementos que no integran la automatización

Los elementos descritos en la tabla 7.3 tienen un costo aproximado de alrededor de 2500 dólares americanos.

7.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Resulta innegable que las técnicas de Automatización y Control de Procesos han evolucionado considerablemente en los años precedentes, traduciendo su desarrollo, en la sofisticación de las tareas de control, especialmente en términos de **confiabilidad y eficiencia**.

La tendencia actual, obliga a dotar a las maquinas de mayor autonomía en la toma de decisiones, introduciendo así, el concepto de automatización Inteligente. Un concepto sin duda, muy poco explotado aún en nuestro país, pues se acostumbra a asignar al operario tareas repetitivas, impidiéndole emplear este tiempo en actividades de mayor importancia.

La automatización, además de representar la base fundamental para el perfeccionamiento industrial, se ha convertido en una herramienta flexible y versátil, orientada a la evolución social, mediante el establecimiento de estándares de servicio más elevados, los mismos que repercuten en un aumento en la calidad de servicio. La inclusión a este entorno, representa también beneficios económicos a las empresas, concibiendo por ejemplo, un ahorro en transporte, comunicación y mantenimiento.

La centralización de la información en varios niveles de una Red en forma simultánea, entre ellos el nivel de supervisión, permite a los Gerentes y Jefes

departamentales el acceso al flujo de información de Planta en tiempo real, desde su oficina de trabajo.

Conforme el mundo se vuelve más complejo, debemos optimizar el uso de nuestros recursos materiales y humanos, y para lograrlo, precisaremos instaurar una concepción estratégica para el funcionamiento y desempeño de la operación técnica. La automatización progresiva, es capaz de prevenir problemas futuros y disminuir las molestias actuales, de manera que un servicio refleje rapidez, seguridad, capacidad, y fiabilidad.

La actividad productiva bien manejada es básica para el desarrollo económico de un país, por lo cual, la meta más relevante propuesta por el presente proyecto investigativo, es sin duda alguna, alcanzar un óptimo desempeño, basándose en una continuidad operativa prolongada, evitando las situaciones imprevistas que obliguen a la paralización del proceso. Para escoger una solución técnica eficiente, se debe evaluar las fortalezas y debilidades de la situación financiera empresarial, para en base a las mismas, desarrollar un modelo sólido, orientado a la realidad.

La difícil situación económica mundial y del Ecuador en particular, ha comprometido seriamente la operación del sector petrolero, pues ha dificultado el cumplir con los programas de mantenimiento recomendados por los fabricantes de los equipos, además de la inversión en sistemas de control que garantizan la seguridad en las instalaciones y una operación continua de los procesos. Sin embargo, el trabajo eficiente y esmerado del personal técnico y administrativo de cada una de las plantas petroleras del Ecuador, ha permitido conllevar de la mejor manera posible, la crisis ya mencionada.

Por lo tanto, podemos concluir, que en base a las razones analizadas con anterioridad, los equipos utilizados en el proyecto de automatización del sistema de soplado de hollín cuentan con las siguientes fortalezas respecto al sistema que funciona en la actualidad:

- ✚ Un menor número de componentes para evitar mayores probabilidades de fallas y una variación significativa del sistema global ante las perturbaciones.
- ✚ Readaptación en sus parámetros propios de funcionamiento de manera rápida y simple, a fin de incrementar la eficiencia.

- ✚ Minimizar el tiempo de operación del sistema para los mismos niveles de producción
- ✚ Flexibilidad de funcionamiento y expansibilidad, a fin de incrementar la rentabilidad.
- ✚ Calidad certificada a costos relativamente bajos.
- ✚ Puesta en marcha, configuración y manejo sencillo
- ✚ Ser capaz de manejar un amplio rango de aplicaciones y poseer una alta velocidad de respuesta ante el proceso en sí.
- ✚ Ser un Producto industrialmente endurecido, diseñado para resistir a las vibraciones, altas temperaturas, y el ruido eléctrico asociado con ambientes industriales duros.
- ✚ Requerir de poco mantenimiento a fin de evitar fallas de funcionamiento por falta de presupuesto.
- ✚ Reflejar un sistema de control robusto.

PETROINDUSTRIAL, en su plan de operaciones y mantenimiento operativo para el presente año, ha estimado un coste económico de alrededor de 24 millones de dólares, de los cuales para la Planta de Visbreaking 1, se han destinado 883178 mil dólares americanos²⁶.

Dentro de lo presupuestado para la planta de Visbreaking 1, los fondos se destinan para diferentes requerimientos operativos, como por ejemplo, tuberías, empaques, transmisores, etc.

En la tabla 7.4 haremos referencia a los costos desglosados en partidas presupuestarias de cada uno de los elementos que guardan relación con el Horno TV-H1 y con el proceso de Soplado de Hollín.

| PRESUPUESTO PROGRAMADO EN EL 2008 | |
|---|-----------------------------------|
| VISBREAKING 1 | Valor Aprobado por Partida |
| <i>ACTIVIDADES NORMALES</i> | |
| Mantenimiento de plantas industriales | \$ 104.000 |
| CONSUMOS DE PRESUPUESTOS PARA MANTENIMIENTOS | |

²⁶ PLAN DE OPERACIONES Y PRESUPUESTO A AGOSTO DEL 2008

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

| | |
|--|-------|
| Acoples mecánicos | 2400 |
| Planchas de Aluminio y Acero | 6500 |
| Tuberías y Accesorios | 25000 |
| Mantenimiento para el Horno | 13000 |
| Válvulas | 40000 |
| Cableado eléctrico | 800 |
| Haz de tubos | 25000 |
| Repuestos electrónicos | 7500 |
| Repuestos de Arrancadores | 3500 |
| Repuestos para Motores | 12500 |
| Aislamiento térmico | 15000 |
| Transmisores | 6500 |
| Repuestos de instrumentos | 200 |
| Manómetros | 2250 |
| Sistemas de Control | 1800 |
| CONSUMOS DE PRESUESTOS PARA PAROS PROGRAMADOS | |
| Acoples mecánicos | 5000 |
| Tuberías y Accesorios | 15000 |
| Materiales para el Horno | 6000 |
| Válvulas | 10000 |
| Repuestos para Motores | 10000 |
| Aislamiento térmico | |
| Transmisores | 4000 |
| Repuestos de instrumentos | 4000 |
| Sistemas de Control | 2000 |
| Material para suelda | 6000 |
| Pinturas Anticorrosivas | 15000 |

Tabla 7.3 Presupuesto para mantenimientos y Paro de Visbreaking 1

Como resultado de la tabla 7.4, obtenemos que el gasto total asciende a 342950,00 dólares. Los resultados indican que el gasto en los elementos de control electromecánicos, sus accesorios y de las tuberías es bastante elevado, pues representa al menos el 35% del gasto técnico total. Ante esta realidad, es importante reducir el número de estos elementos y sus costes de mantenimiento.

Como se noto en el presupuesto referencial, el manejo del sistema con relés y contactores únicamente, tuvo un costo aproximado de 5400 dólares, mientras que la automatización mediante un PLC tiene un costo aproximado de 5000 dólares. Aunque la diferencia de precios no es abismal, se puede observar que la automatización mediante un PLC, resulto la opción más barata, efectiva y posee la mejores condiciones de calidad de funcionamiento.

En lo referente a mantenimiento se ahorraran valores destinados a repuestos electrónicos, sistemas de control, mantenimiento del horno, tuberías, etc., mientras que en lo referente a paros de planta se ahorrarán valores en pinturas anticorrosivas, materiales para hornos, repuestos de instrumentos, etc. Además del beneficio económico que implica el ahorro de combustible en los quemadores, debido a una mayor eficiencia en el intercambio térmico en la tubería.

Es importante destacar que no únicamente el Horno TV-H1 forma parte de la planta, por lo que no todo el valor presupuestado se destina a el. Sin embargo, como se indico en la justificación, el proyecto es escalable y se pueden integrar hornos, como, el horno CH1, CH2, VLH1, TV1H1 y VH1, varios de los cuales, si integran los gastos anteriormente detallados. Mientras más Hornos se integren al proceso mayor será la eficiencia de las plantas y el coste de mantenimiento se reducirá sustancialmente.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

✚ La composición de partículas en estado sólido, provenientes de la combustión incompleta del combustible en los quemadores, formadas por compuestos de carbono impuro, pulverizado y cenizas dan origen a la formación del Hollín en el Horno TV-H1.

✚ La eficiencia del Horno TV-H1 dentro del proceso de VISBREAKING se refleja en la capacidad de transferir calor entre los gases calientes provenientes de los quemadores y los fluidos que circulan por las tuberías.

✚ El Sistema de Soplado de Hollín, forma parte fundamental del Horno TV-H1, pues su correcto desempeño es fundamental para:

- Alcanzar la eficiencia térmica deseada.
- Permitir el ahorro de combustible para los quemadores.
- Evitar la continua para del Horno para realizar su mantenimiento.

✚ Los informes técnicos, planos e información facilitada por Refinería Estatal Esmeraldas, representaron un factor clave para el desarrollo del presente proyecto, pues en base a los mismos, se detectó las necesidades y falencias del SISTEMA DE SOPLADO DE HOLLÍN, para proponer soluciones.

✚ Para realizar la Automatización del Sistema de Soplado de Hollín, al tratarse el mismo de un proceso real, ya en funcionamiento, se ve la necesidad de evaluar todas las características de funcionamiento del mismo, entre ellas los detalles técnicos y físicos, y traducirlos en requerimientos de control.

✚ Debido a que los equipos existentes en la planta que forman parte del proceso, tales como, electroválvulas, motores, sensores y Switches, se traducen en una gran cantidad de entradas y salidas, se decidió utilizar un PLC modular, por su capacidad de controlar todas las variables requeridas al momento, únicamente con la inclusión de módulos de I/O y no de más controladores.

✚ El control ON-OFF nos brindaba características suficientes para realizar el control de los doce motores que forman parte del sistema, pues su funcionamiento se basa únicamente en su encendido y apagado en función de los fines de carrera, y debido a que su recorrido es un proceso lento.

✚ Las técnicas de control aplicadas para la regulación del orden y tiempo de soplado, ejecutan un correcto funcionamiento de los sopladores del sistema y una limpieza profunda de la tubería del Horno TV-H1, a la vez que cumplen con los requerimientos económicos planteados.

✚ Las condiciones de temperatura al interior del Horno, así como la estructura física del Hollín, representan condiciones adversas para la colocación de un sensor a fin de medir el grado de limpieza de cada soplador.

✚ La etapa de simulación del presente proyecto, nos permitió confirmar el correcto funcionamiento de la integración de la lógica de control y de la Interfaz HMI.

✚ Mediante la elaboración de la maqueta y la simulación del sistema, se pudo comprobar el correcto funcionamiento del programa del controlador, el mismo que se basaba en el control de secuencia y aleatorio para los sopladores.

✚ Los requerimientos de control planteados, fueron satisfactoriamente ejecutados, en la simulación del proceso.

✚ La interfaz HMI elaborada, cumplió con los requerimientos de monitoreo y control del sistema de Soplado de Hollín, sin alterar la estructura hasta ahora manejada por los técnicos de la REE, por lo que su desempeño es similar al proceso existente en la actualidad.

✚ El proyecto resulta viable, pues posee un costo de inversión inicial bastante asequible.

✚ El costo de mantenimiento de la planta es elevado, por lo que la reducción de componentes electromecánicos es una opción factible para reducir los gastos de presupuesto.

✚ Una ventaja del sistema a implementar, se refleja en que se necesita de menos mantenimiento, es flexible y mejora la eficiencia del proceso.

8.2 RECOMENDACIONES


✚ Los diagramas de flujo, son herramientas eficientes sobre las cuales se basa la programación del controlador, por lo que se debe tener especial cuidado en traducir el funcionamiento del proceso en diagramas de flujo lógicos.

✚ Se debe capacitar al operador a cerca del funcionamiento de la interfaz HMI, para que el mismo pueda realizar una supervisión efectiva del proceso desde la Interfaz.

✚ Se podrán incluir mejoras a la línea de abastecimiento de vapor, como la inclusión de equipos que nos permitan manejar rangos, a fin de conocer cuando la presión este cerca de su límite inferior.

✚ Los hornos CH1, CH2, VLH1, TV1H1 y VH1, para tratamientos de crudo y vacío, pueden ser integrados a una red automática, que opere el sistema

de soplado de Hollín de los mimos, partiendo del esquema planteado en el desarrollo de software, y utilizando la misma autómeta.

 Las características del ambiente en el que operarán los equipos deben ser tomadas en cuenta al momento de elegir los componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS DE REFERENCIA:

- [1] RODRÍGUEZ GUERRERO, Gonzalo, *“Operación de calderas industriales”*, Editorial ECOE.
- [2] KOHAN. Anthony L., *“Manual de calderas”*, Editorial Mc Graw Hill.
- [3] ORTIZ, Hugo, *“Instrumentación y Sistemas de Control”*
- [4] Apuntes del Curso TYRO, Ing. Edgar Ibarra, 2005.
- [5] Manuales de UOP. 147026, SECCIÓN A, B, C, D, E, F.
- [6] ECUADORIAN REFINERY PROJECT, JOB 34076, VISBREAKING CHARGE HEATER TV-H1
- [7] CHIYODA EXPANSION PROJECT, JOB NO. 34038
- [8] REPSOL YPF , DOCUMENTATION, CHARGE AND HEATERS, 1989.
- [9] Vázquez López Virgilio, **Automatización y Control**, Editorial McGraw-Hill, 6.ª Edición, 2004.
- [10] SISTEMAS SCADA, MANUAL DE PROCESOS, AMATIC TECHNOLOGY, PAGINA 34.
- [11] SISTEMAS DISTRIBUIDOS PARA CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN, PAG. 43

PAGINAS DE INTERNET:

- [1] [Sopladores de Hollín para Calderas que emplean Gas LP, Gas Natural, Gas de Refinería, Gas de Recuperación, Diesel, Gasóleo, Combustóleo y Otros”, vigente a partir del 1 de mayo de 1999.](#)
- [2] <http://www.petroindustrial.com.ec/frontEnd/main.phpdSeccion>
- [3] [http://es.wikipedia.org/wiki/sopladoresdehollin_\(tipos\)](http://es.wikipedia.org/wiki/sopladoresdehollin_(tipos))
- [4] <http://es.monografias.com/trabajos14/presi/presi.shtml>
- [5] http://www.eng.newclaste.edu.au/technology.sopladores_retractiles

GLOSARIO

Octanaje.- La calidad de la gasolina esta en relación directa con su índice o numero de octanos, cuanto mayor es el numero de octanos de la gasolina mayor compresión admite y, por tanto, mayor potencia para la misma cilindrada.

Hidrocarburos.- Sustancia orgánica en cuya molécula se hallan como únicos componentes el carbono y el hidrógeno. Valgan como ejemplos el gas natural y el petróleo.

Crudo.- Mezcla compleja de hidrocarburos derivados de la transformación geológica y de la descomposición de plantas y animales que vivieron centenares de millones de años atrás.

Petróleo.- Comprende formas de hidrocarburos líquidas, gaseosas, y viscosas o sólidas que se encuentran en la Tierra, pero con frecuencia el significado se restringe a la forma líquida. El crudo y el gas natural son los combustibles fósiles primarios más importantes.

Coque.- Combustible obtenido de la calcinación o destilación seca de carbón mineral; está compuesto de carbono y tiene un alto poder calorífico, el coque se usa en metalurgia y altos hornos y en la fabricación de abrasivos y colorantes

Destilación.- Es la operación de separar, comúnmente mediante calor, los diferentes componentes líquidos de una mezcla, aprovechando las diferencias de volatilidades de los compuestos a separar. La destilación se da en forma natural debajo del punto de ebullición (100 grados centígrados en el caso del agua), luego se vuelve nubes y finalmente llueve.

Reactor químico.- Es equipo en cuyo interior tiene lugar una reacción química, estando este diseñado para maximizar la conversión y selectividad de la reacción con el menor coste posible.

Nafta.- Es un derivado del petróleo extraído por destilación directa, utilizado principalmente como materia prima de la industria petroquímica en la producción de alquenos, como etileno y propileno, así como de otras fracciones líquidas como benceno, tolueno y xilenos. En la industria química se usa como disolvente.

Catalizador.- Es una sustancia (compuesto o elemento) capaz de acelerar (catalizador positivo) o retardar (catalizador negativo o inhibidor) una reacción química, permaneciendo éste mismo inalterado (no se consume durante la reacción). A este proceso se le llama catálisis. Los catalizadores no alteran el balance energético final de la reacción química, sino que sólo permiten que se alcance el equilibrio con mayor o menor velocidad.

Refinación.- Básico es la destilación, el petróleo crudo se empieza a evaporar a menos de 100 grados. Los hidrocarburos con menor masa molecular son los que se vaporizan a temperaturas más bajas, y a medida que aumenta la temperatura se van evaporando las moléculas más grandes. El primer material destilado a partir del crudo es la fracción de gasolina, seguida por la nafta y finalmente el queroseno.

Petróleo.- Líquido menos denso que el agua y de color oscuro, olor fuerte, arde fácilmente, el cual se emplea refinado mayormente.

Polimerización.- Reacción química en la que dos o más moléculas se combinan para formar otra en la que se repiten unidades estructurales de las primitivas y su misma composición porcentual cuando estas son iguales

Agentes antidetonantes.- El teluro se emplea en la fabricación de dispositivos rectificadores y termoelectrónicos, así como en la investigación de semiconductores. Junto con diversas sustancias orgánicas, se utiliza como agente vulcanizante para el procesamiento del caucho natural y sintético, y en los compuestos antidetonantes de la gasolina. También se usa para dar color azul al vidrio. El teluro coloidal actúa como insecticida, germicida y fungicida.

Cracking del petróleo.- Cracking es proveniente de una palabra en inglés “to crack” (romper), consta en que por medio del calor y la presión, los hidrocarburos se rompan formando moléculas más pequeñas, por esto se obtienen hidrocarburos alquenos y alcanos de bajo punto de ebullición.

Viscosidad.- Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal, en realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones.

Válvulas.- Dispositivo para regular el paso de un fluido (líquido, gas o suspensión acuosa) en una tubería u otro recinto. La válvula regula la cantidad que fluye por ella mediante un elemento móvil que abre, cierra o bloquea parcialmente el paso. Hay siete tipos principales de válvulas: de globo (o esférica), de compuerta, de aguja, de obturación (grifo), de mariposa, de disco y de carrete. Algunas válvulas funcionan en forma automática

Switch.- Un conmutador, es un dispositivo electrónico de interconexión de dispositivos.

Interfaz gráfica de Usuario (HMI).- Formato de presentación computacional que permite al usuario seleccionar comandos, llamar archivos, iniciar programas y hacer otras tareas rutinarias usando un ratón para señalar símbolos gráficos (iconos) o listas de menú de opciones en la pantalla en lugar de teclear el texto de los comandos.

Hollín.- Partículas sólidas de tamaño muy pequeño en su mayoría compuestas de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de colores oscuros más bien negrizos resultantes de la combustión incompleta de un material (madera, carbón, etc). Su aspecto es similar a la ceniza pero con un tono más negro. Es común, por ejemplo, encontrar grandes cantidades de hollín en las salidas de combustión de las calderas, las cuales, cuando poseen captadores de hollín, pueden almacenar varios metros cúbicos de este material.

Cuando proviene del quemado del combustible diesel, por ejemplo en los gases de escapes de los motores diesel, puede contener absorbidos hidrocarburos, compuestos principalmente por lubricantes y combustible sin quemar. Además puede contener otros sólidos como óxidos y sulfatos.

Vapor.- Es un estado de la materia en el que las moléculas apenas interaccionan entre sí, adoptando la forma del recipiente que lo contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible, incluso venciendo fuerzas gravitatorias. También se le conoce como fluido ya que se desplaza por el medio ambiente muy fácil.

Combustión.- Reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente (generalmente oxígeno en forma de O_2 gaseoso), desprendiendo calor y produciendo un óxido.

Gas.- Estado de agregación de la materia que no tiene forma ni volumen propio. Su principal composición son moléculas no unidas, expandidas y con poca fuerza de atracción, haciendo que no tengan volumen y forma definida, provocando que este se expanda para ocupar todo el volumen del recipiente que la contiene, con respecto a los gases las fuerzas gravitatorias y de atracción entre partículas resultan insignificantes.

Fueloil.- Es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada. De aquí se obtiene entre un 30 y un 50% de esta sustancia. Es el combustible más pesado de los que se puede destilar a presión atmosférica. Está compuesto por moléculas con más de 20 átomos de carbono, y su color es negro. El fuel oil se usa como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos.

Horno.- Es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un compartimento cerrado. Se utiliza generalmente en la cocina para calentar, cocer o secar alimentos.

La energía calorífica utilizada para alimentar un horno puede ser suplida directamente por combustión (leña, gas), radiación (luz solar), o indirectamente por medio de electricidad (horno eléctrico).

Presión atmosférica.- Fuerza por unidad de área ejercida por el aire sobre la superficie de la Tierra. La presión estándar a nivel del mar, por definición, corresponde a 1 atmósfera (atm), o 760 mm (29,92 pulg.) de mercurio, 101,35 kilopascales, o 14,70 lb por pulgada cuadrada, pero la presión varía con la altura y la temperatura. A menudo se mide con un barómetro de mercurio.

Carbono.- Es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo **C**. Es sólido a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas alotrópicas, carbono amorfo y cristalino en forma de grafito o diamante. Es el pilar básico de la química orgánica; se conocen cerca de 10 millones de compuestos de carbono, y forma parte de todos los seres vivos conocidos.

Asfaltenos.- Los **asfaltenos** son una familia de compuestos químicos orgánicos, resultan de la destilación fraccionada del petróleo crudo y representan los compuestos más pesados y por tanto, los de mayor punto de ebullición. Los asfaltenos son estadísticamente compuestos similares de cadenas largas, muchos de ellos aromáticos y con polaridad relativamente alta, los asfaltenos son insolubles en los maltenos. Los asfaltenos y los maltenos juntos forman una solución coloidal conocida como asfalto.

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura. 1.1. Niveles de la Red Industrial | 7 |
| Figura. 2.1. Soplador de Hollín | 10 |
| Figura. 2.2. Soplador de Hollín Retráctil | 13 |
| Figura. 2.3. Soplador de Hollín Retráctil ubicado en el Horno TV-H1 | 13 |
| Figura. 2.4. Diagrama de Conducción de Vapor | 14 |
| Figura. 2.5. Indicador de Presión en la Línea | 15 |
| Figura. 2.6. Zona de Convección del Horno TV-H1 | 15 |
| Figura. 2.7. Corte Frontal de la zona de Convección del Horno TV-H1 | 16 |
| Figura. 2.8. Zona de Radiación del Horno TV-H1 | 17 |
| Figura. 2.9. Conexiones de los sopladores al panel de control | 20 |
| Figura. 2.10. Conexiones del primer soplador al panel de control | 20 |
| Figura. 2.11. Válvulas del Sistema. | 21 |
| Figura. 2.12. Conexiones del Switch de Presión | 21 |
| Figura. 2.13. Switch de Presión | 22 |
| Figura. 2.14. Válvulas de Acción Directa | 23 |
| Figura. 2.15. Válvula sin energía | 25 |
| Figura. 2.16. Válvula Energizada | 25 |
| Figura. 2.17. Bobina Sin Energía | 26 |
| Figura. 2.18. Bobina con Energía | 26 |
| Figura. 2.19. Motor Trifásico para movimiento de Sopladores | 29 |
| Figura. 2.20. Curvas de Limitación de Operación de fusibles | 30 |
| Figura. 2.21. Condiciones de Operación de los Relés de Inicio y fin de Ciclo. | 31 |
| Figura. 2.22. Características de control de los relés de Inicio y Fin de Ciclo. | 32 |
| Figura. 2.23. Características de los contactos de los relés de Inicio y fin de Ciclo | 32 |
| Figura. 2.24. Dimensiones de los relés de Inicio y fin de Ciclo. | 32 |
| Figura. 2.25. Curvas de Disparo | 33 |
| Figura. 2.26. Relé Térmico | 34 |
| Figura. 2.27. Pulsador para encendido del sistema | 36 |
| Figura. 2.28. Estructura del Contactor | 36 |
| Figura. 2.29. Alimentación del Sistema | 41 |
| Figura. 2.30. Electroválvulas | 41 |

| | |
|--|----|
| Figura. 2.31. Puesta en marcha del ciclo | 42 |
| Figura. 2.32. Switch de Presión | 42 |
| Figura. 2.33. Switch Individuales | 43 |
| Figura. 2.34. Control del Doceavo Soplador | 43 |
| Figura. 2.35. Etapa de Potencia. | 46 |
| Figura. 2.36. Arquitectura de los Hornos de Visbreaking | 47 |
| Figura. 2.37. Horno de un solo Hogar | 48 |
| Figura. 2.38. Corte frontal en la Zona de Convección | 49 |
| Figura. 2.39. Corte frontal en la Zona de Radiación | 49 |
| Figura. 2.40. Horno TV-H1 | 50 |
| Figura. 2.41. Corte Frontal del Horno TV-H1 | 52 |
| Figura. 2.42. Corte Posterior del sistema de Distribución del Horno TV-H1 | 53 |
| Figura. 2.43. Horno TV-H1 modificado | 54 |
| Figura. 2.44. Cambio de sentido de Flujo en tuberías | 55 |
| Figura. 2.45. Sección de las Tuberías respecto a las “H | 55 |
| Figura. 2.46. Corte de los Quemadores del Horno TV-H1 | 56 |
| Figura. 2.47. Diagrama de las Pistolas de Aceite | 57 |
| Figura. 2.48. Flujo de Vapor del Quemador | 60 |
| Figura. 2.49. Piloto del quemador combinado | 60 |
| Figura. 2.50. Reacción Química | 64 |
| Figura. 2.51. Ubicación del sistema en la Planta | 66 |
| Figura. 2.52. Diagrama de Flujo | 73 |
| Figura. 3.1. Selección del Modo de control | 77 |
| Figura. 3.2. Esquema de Control | 79 |
| Figura. 3.3. Distributed Control Systems | 81 |
| Figura. 3.4. Alimentación general | 90 |
| Figura. 3.5. Conexiones Eléctricas de válvulas y Switch de Presión | 91 |
| Figura. 3.6. Límites de Carrera de los motores 1, 2, 3,4..... | 91 |
| Figura. 3.7. Límites de Carrera de los motores 4, 5, 6,7 | 91 |
| Figura. 3.8. Límites de Carrera de los motores 8, 9, 10,11 | 91 |
| Figura. 3.9. Esquema de Potencia de los motores 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 92 |
| Figura. 3.10. Esquema de Potencia de los motores 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 92 |
| Figura. 3.11. Conexiones del Módulo DEP 209 | 92 |
| Figura. 3.12. Conexiones del Módulo DAP 208 | 93 |

| | |
|---|-----|
| Figura. 4.1. Diagrama general de la lógica de control | 100 |
| Figura. 4.2. Línea de comandos de inicialización | 101 |
| Figura. 4.3. Integración de secuencia | 101 |
| Figura. 4.4. Secuencia de soplado | 102 |
| Figura. 4.5. Verificación de Funcionamiento. | 102 |
| Figura. 4.6. Verificación de Fin de proceso | 103 |
| Figura. 4.7. Terminación del Proceso | 104 |
| Figura. 4.8. Línea de control de Válvula de Presión | 104 |
| Figura. 4.9. Timer de Válvula de Purga | 104 |
| Figura. 4.10. Inicio de los Motores | 105 |
| Figura. 4.11. Salida del Primer motor | 105 |
| Figura. 4.12. Temporización del Proceso 1..... | 106 |
| Figura. 4.13. Regreso del Motor 1. | 106 |
| Figura. 4.14. Salidas Físicas del programa | 107 |
| Figura. 4.15. Avance físico del programa | 107 |
| Figura. 4.16. Regreso físico del programa | 107 |
| Figura. 4.17. Modo Alternado | 108 |
| Figura. 4.18. Integración de la Secuencia Aleatoria..... | 109 |
| Figura. 4.19. Auxiliar para avance. | 109 |
| Figura. 4.20. Inicialización del segundo soplador. | 110 |
| Figura. 4.21. Inicialización del tercer soplador | 110 |
| Figura. 4.22. Pantalla de Ingreso | 111 |
| Figura. 4.23. Validación de Datos | 112 |
| Figura. 4.24. Pantalla Principal | 112 |
| Figura. 4.25. Encendido General..... | 113 |
| Figura. 4.26. Pantalla Principal Completa..... | 113 |
| Figura. 4.27 Indicador de Encendido | 114 |
| Figura. 4.28. Secuencia Automática | 114 |
| Figura. 4.29. Indicador de Inicio de Ciclo | 114 |
| Figura. 4.30. Botones para escoger secuencia aleatoria. | 115 |
| Figura. 4.31. Iniciar la secuencia Aleatoria | 115 |
| Figura. 4.32. Estado de las Válvulas | 115 |
| Figura. 4.33. Fallas del Sistema. | 116 |
| Figura. 4.34. Estado de Sopladores | 116 |

| | |
|--|-----|
| Figura. 4.35. Cambio del tiempo de Operación del Soplador | 116 |
| Figura. 4.36. Cambio del tiempo del Registro. | 117 |
| Figura. 4.37 Acceso a las Ventanas de Supervisión | 117 |
| Figura. 4.38. Esquema general del Horno | 118 |
| Figura. 4.39. Representación del Proceso de Soplado | 118 |
| Figura. 4.40 Distribución de Sopladores | 119 |
| Figura. 4.41. Boton de Regreso | 119 |
| Figura. 4.42. Falla de presión | 120 |
| Figura. 4.43. Falla Térmica | 120 |
| Figura. 4.44. Sistema Reestablecido. | 121 |
| Figura. 4.45. Falla en Válvula de Presion. | 121 |
| Figura. 4.46. Falla en Válvula de Purga. | 122 |
| Figura. 5.1. Salidas Físicas del PLC | 124 |
| Figura. 5.2. Entradas Físicas del PLC | 125 |
| Figura. 5.3. Entradas Físicas del PLC | 125 |
| Figura. 5.4. Conexiones del Módulo DEP 216 | 129 |
| Figura. 5.5. Maqueta de Simulación | 129 |
| Figura. 5.6. Limites de carrera del Primer al Tercer Motor | 130 |
| Figura. 5.7 Limites de carrera del Cuarto al Sexto Motor | 130 |
| Figura. 5.8. Limites de carrera del Séptimo al Noveno Motor | 130 |
| Figura. 5.9. Limites de carrera del Decimo al Doceavo Motor | 131 |
| Figura. 5.10. Pantalla de Ingreso | 131 |
| Figura. 5.11. Validación de Datos | 132 |
| Figura. 5.12. Pantalla Principal Inicial | 132 |
| Figura. 5.13. Pantalla Principal Completa | 133 |
| Figura. 5.14. Pantalla Luego de Inicio de ciclo | 133 |
| Figura. 5.15. Posición Normal de los Switch del Sistema | 134 |
| Figura. 5.16. Estado Normal de Válvulas | 134 |
| Figura. 5.17. Sistema Energizado. | 134 |
| Figura. 5.18. Pantalla de Simulación Inicial | 135 |
| Figura. 5.19. Válvula de Presión Energizada. | 135 |
| Figura. 5.20. Válvula de Presión Abierta. | 136 |
| Figura. 5.21. Válvula de Presión y Purga Energizadas. | 136 |
| Figura. 5.22. Válvulas en posición final. | 136 |
| Figura. 5.23. Activación del contactor de Arranque. | 137 |

| | |
|---|-----|
| Figura. 5.24. Activación del MOTOR UNO. | 137 |
| Figura. 5.25. Desactivación del Switch SW1_1. | 137 |
| Figura. 5.26. Activación del Switch SW2_1. | 138 |
| Figura. 5.27. Activación del TIMER. | 138 |
| Figura. 5.28. Activación del Contactor de Regreso. | 139 |
| Figura. 5.29. Activación del MOTOR DOS. | 139 |
| Figura. 5.30. Confirma el sistema restablecido. | 140 |
| Figura. 5.31. Fin de Ciclo. | 140 |
| Figura. 5.32. Definir Secuencia Aleatoria. | 141 |
| Figura. 5.33. Pantalla Luego de Inicio de ciclo. | 141 |
| Figura. 5.34. Switch SW1_3. | 142 |
| Figura. 5.35. Activación del MOTOR TRES. | 142 |
| Figura. 5.35. Activación del Switch SW2_3. | 143 |
| Figura. 6.1. Animación de Válvula en estado normal | 144 |
| Figura. 6.2. Animación de válvula de presión abierta | 145 |
| Figura. 6.3. Animación de Válvulas en posición final. | 145 |
| Figura. 6.4. Motor uno Encendido | 146 |
| Figura. 6.5. Animación del Soplador Dos en Funcionamiento | 146 |
| Figura. 6.6. Falla en Válvula de Presion. | 147 |
| Figura. 6.7. Falla en Válvula de Purga. | 147 |
| Figura. 6.8. Soplador Dos Encendido | 148 |
| Figura. 6.9. Pantalla principal en Falla de Presión. | 148 |
| Figura. 6.10. Pantalla principal con Aviso en Falla de Presión. | 149 |
| Figura. 6.11. Acción de Control ante una falla de Presión. | 149 |
| Figura. 6.12. Ventana de Simulación ante falla de presión. | 150 |
| Figura. 6.13. Soplador en funcionamiento | 150 |
| Figura. 6.14. Error por falla Térmica. | 151 |
| Figura. 6.15. Pantalla por falla Térmica. | 151 |
| Figura. 6.16. Tiempos de Incremento para cada soplador | 152 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla. 2.1. Elementos y Marcas del panel de Control | 19 |
| Tabla. 2.2. Condiciones de Diseño del Horno TV-H1 | 51 |
| Tabla. 2.3. Detalles de Diseño del Horno TV-H1 | 54 |
| Tabla. 2.4. Características de los quemadores del horno TV-H1 | 51 |
| Tabla. 2.5. Detalles de la Tubería | 62 |
| Tabla. 2.6. Detalles de Ventilación | 62 |
| Tabla. 2.7. Composición de Combustibles | 63 |
| Tabla. 3.1. Características del PLC | 84 |
| Tabla. 3.2. Entradas Requeridas | 86 |
| Tabla. 3.3. Salidas Requeridas | 87 |
| Tabla. 3.4. Elementos electromecánicos requeridos | 90 |
| Tabla. 3.5. Conexiones de las Entradas del PLC | 93 |
| Tabla. 3.6. Conexiones de las Salidas del PLC | 95 |
| Tabla. 5.1. Salidas del PLC | 124 |
| Tabla. 5.2. Entradas del PLC | 125 |
| Tabla. 5.3. Variables Auxiliares | 127 |
| Tabla. 7.1. Elementos del Grupo 1 | 100 |
| Tabla. 7.2. Elementos del Grupo 2 | 100 |
| Tabla. 7.3. Elementos que no integran la automatización | 100 |
| Tabla. 7.4. Presupuesto para el mantenimiento de Visbreaking | 100 |

ANEXO 1

DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 2

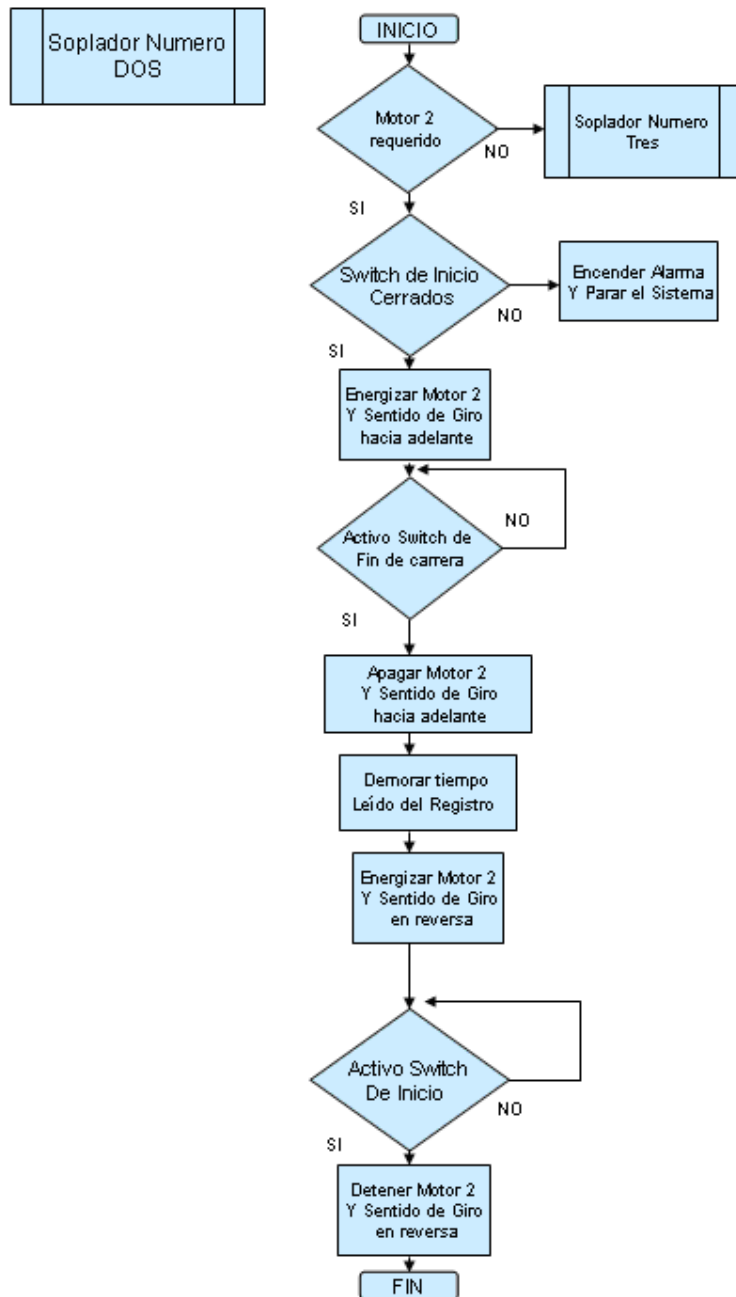


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 3

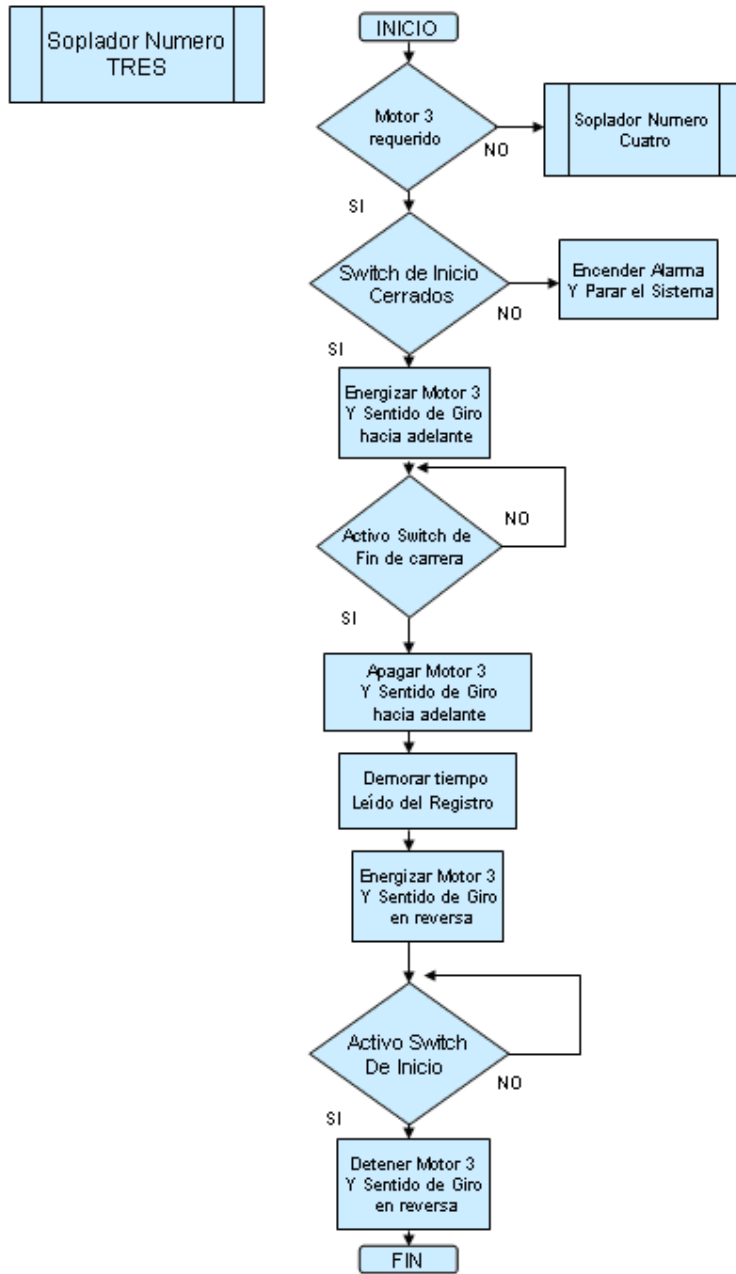


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 4

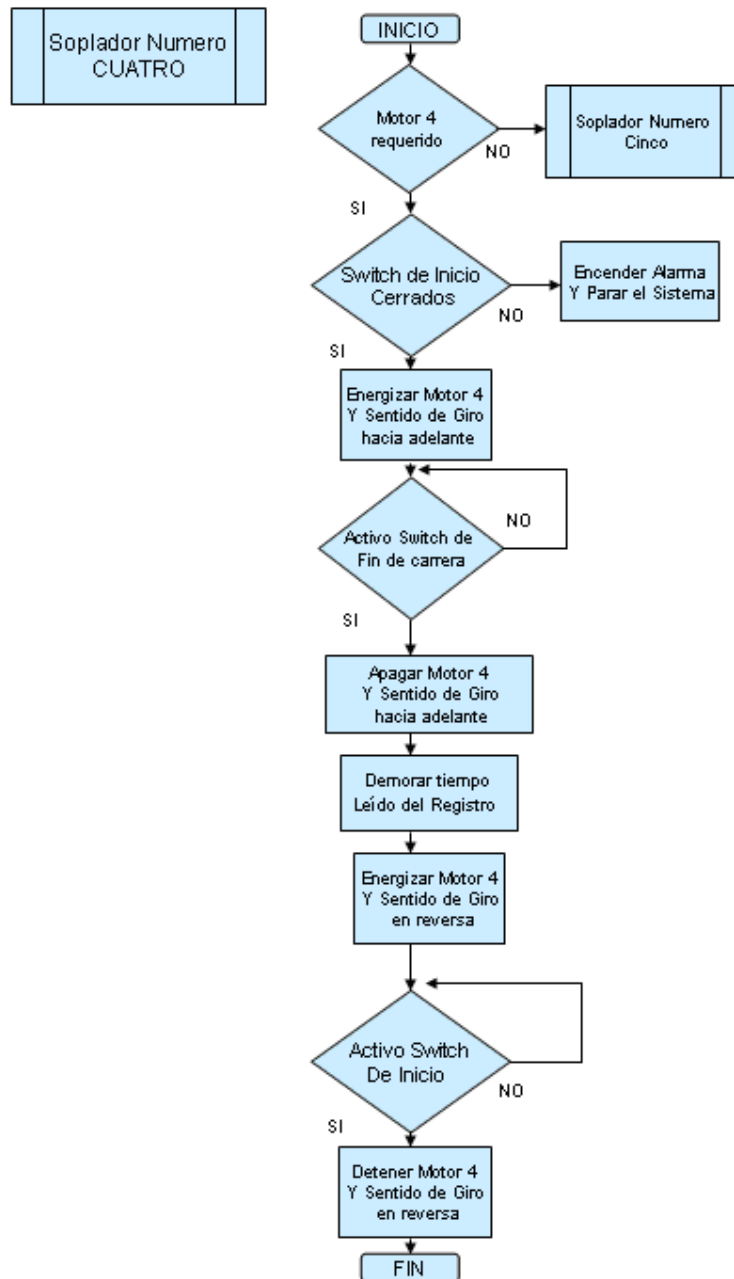


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 5

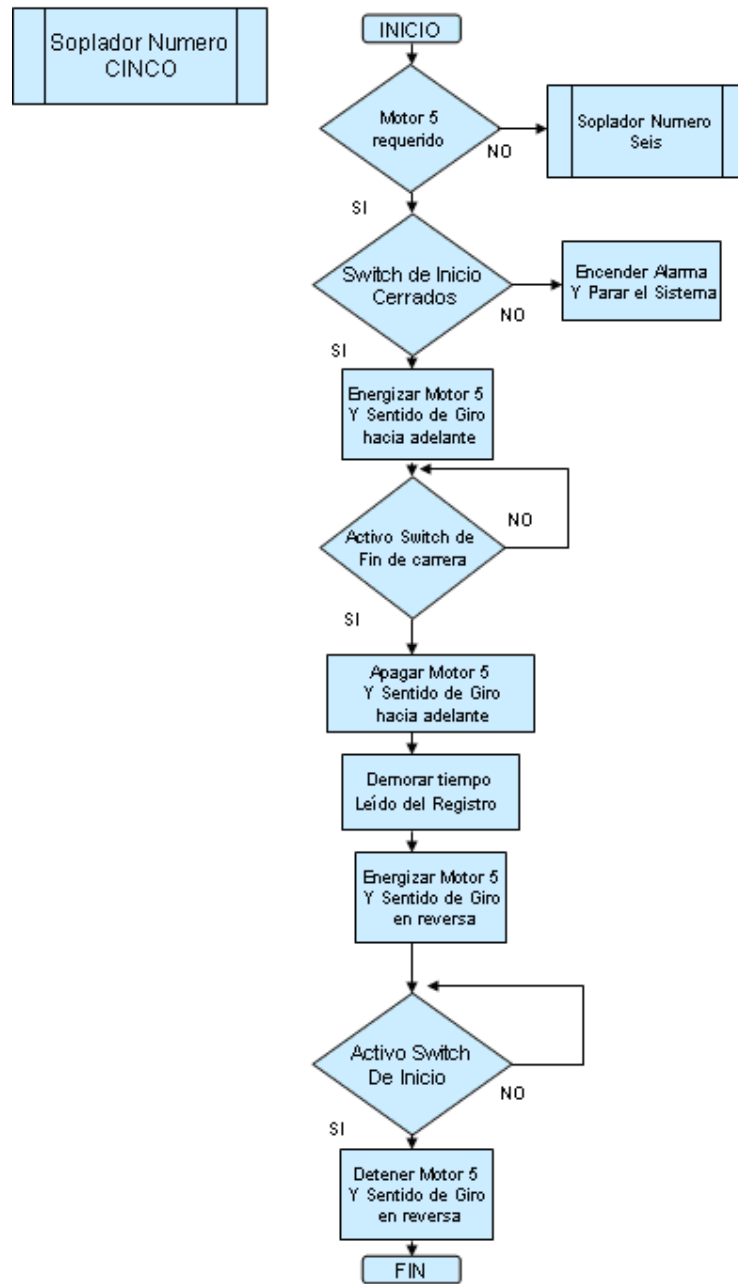


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 6

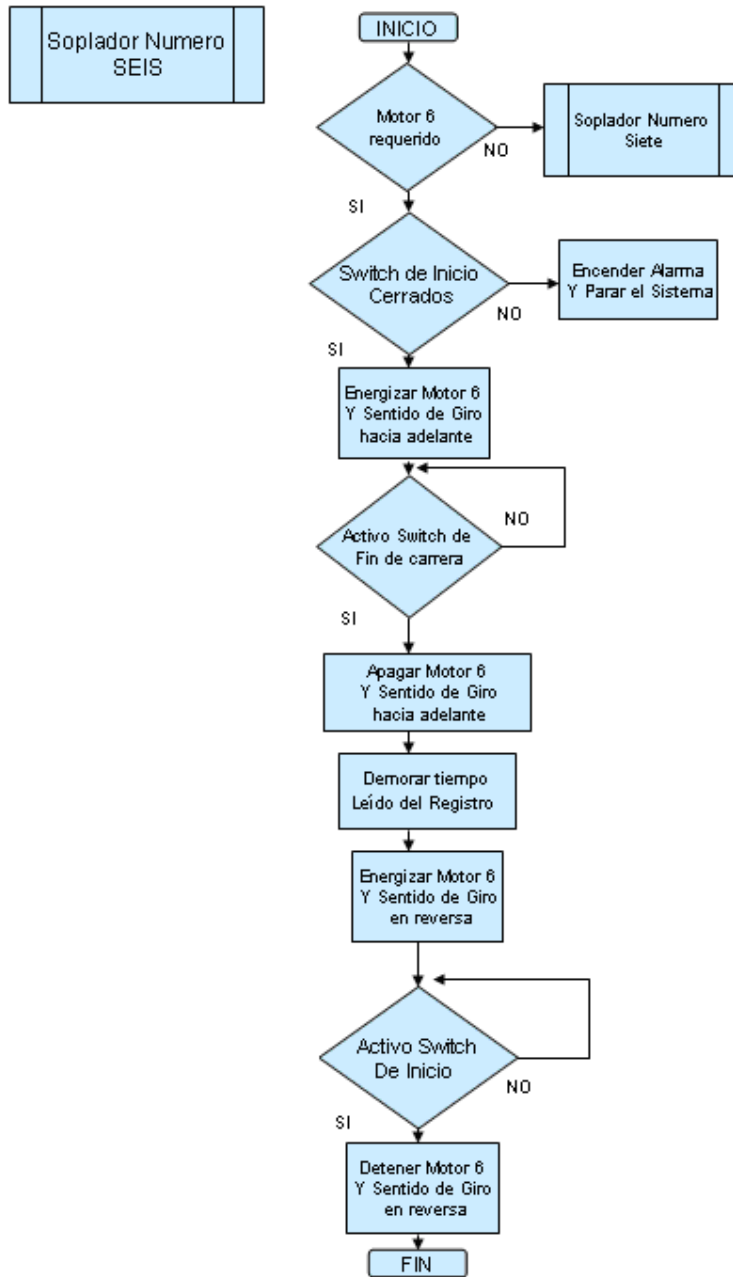


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 7

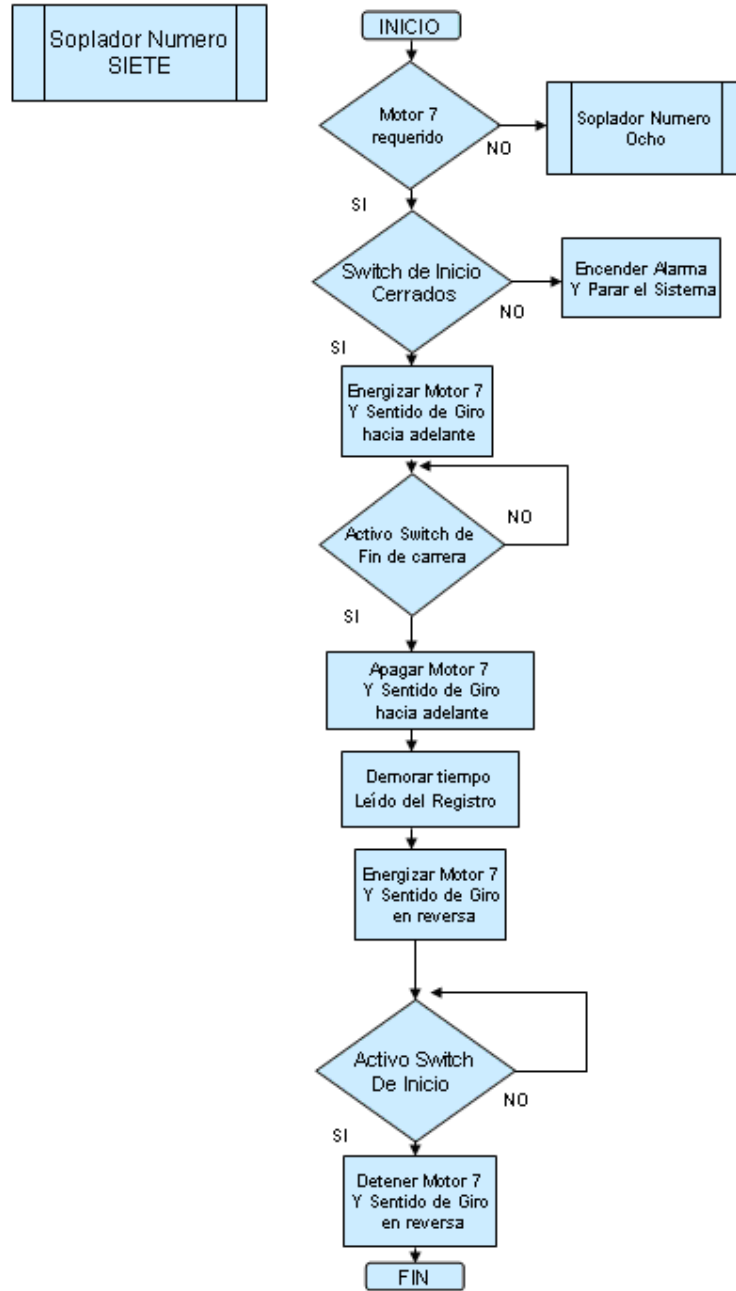


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 8

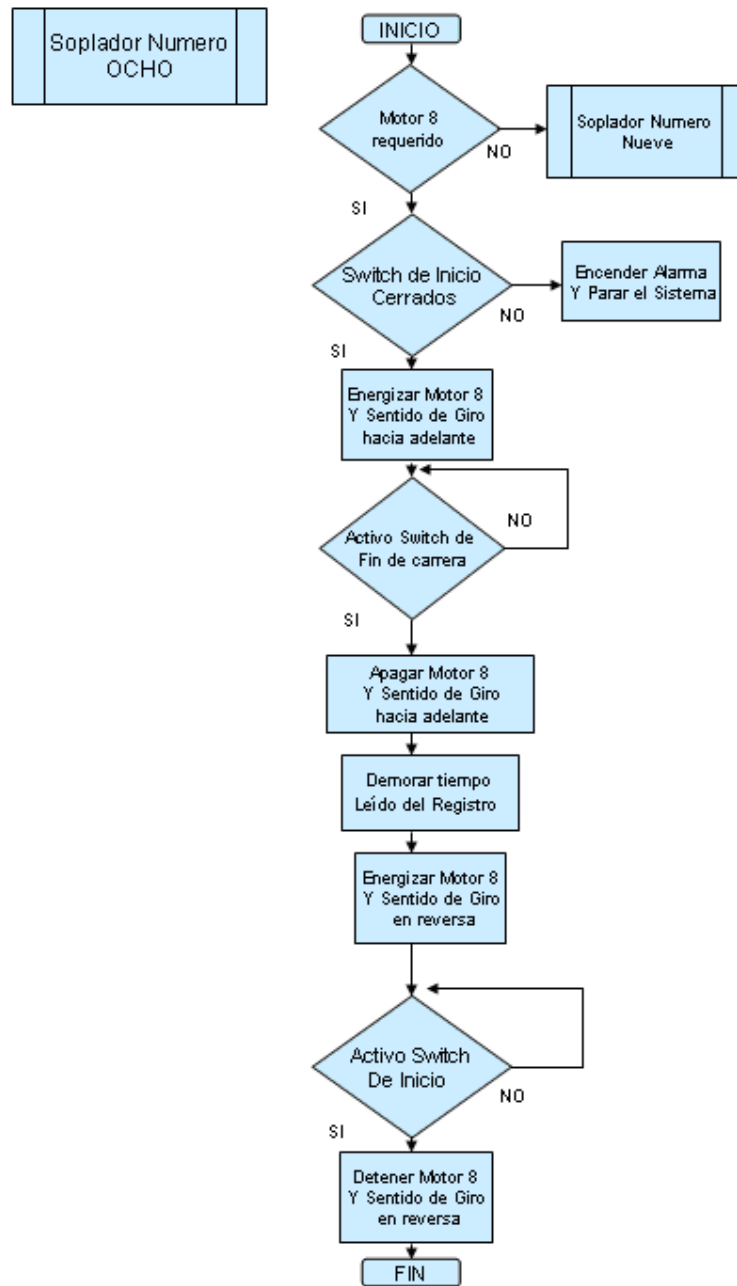


DIAGRAMA DE FLUJO 11, SOPLADOR NUMERO 9

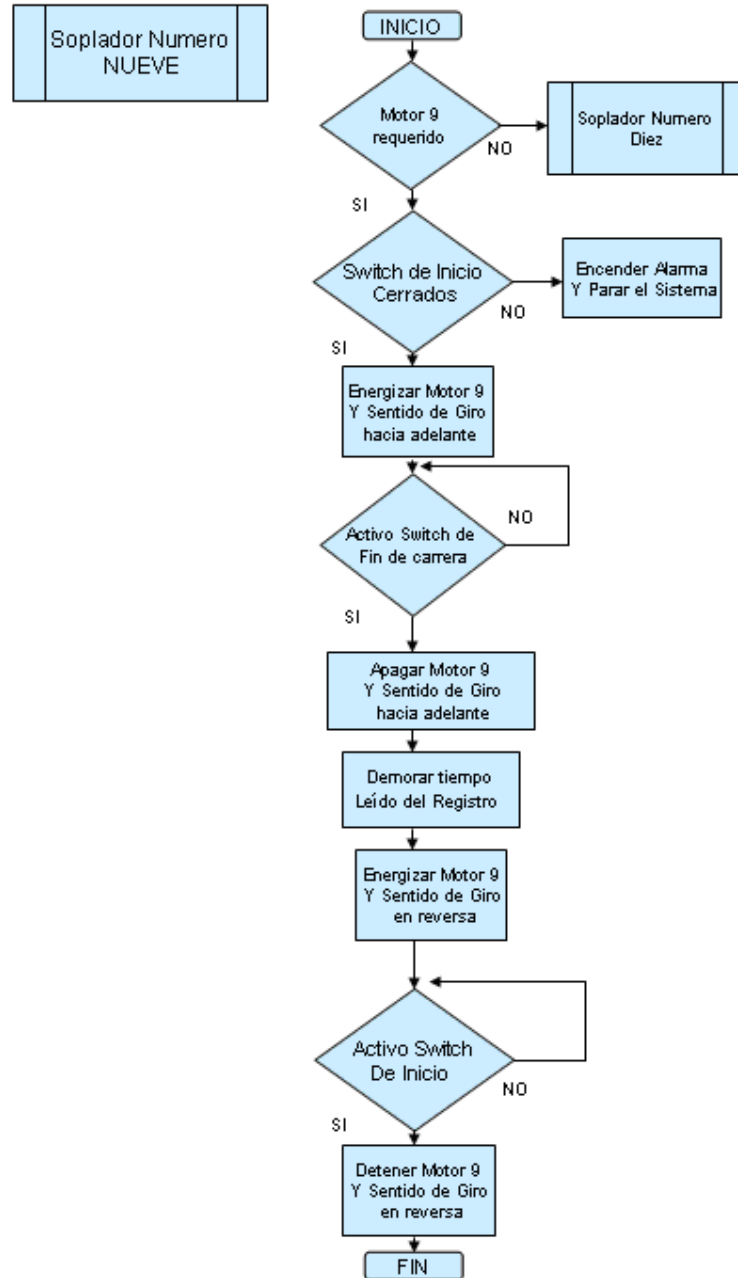


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 10

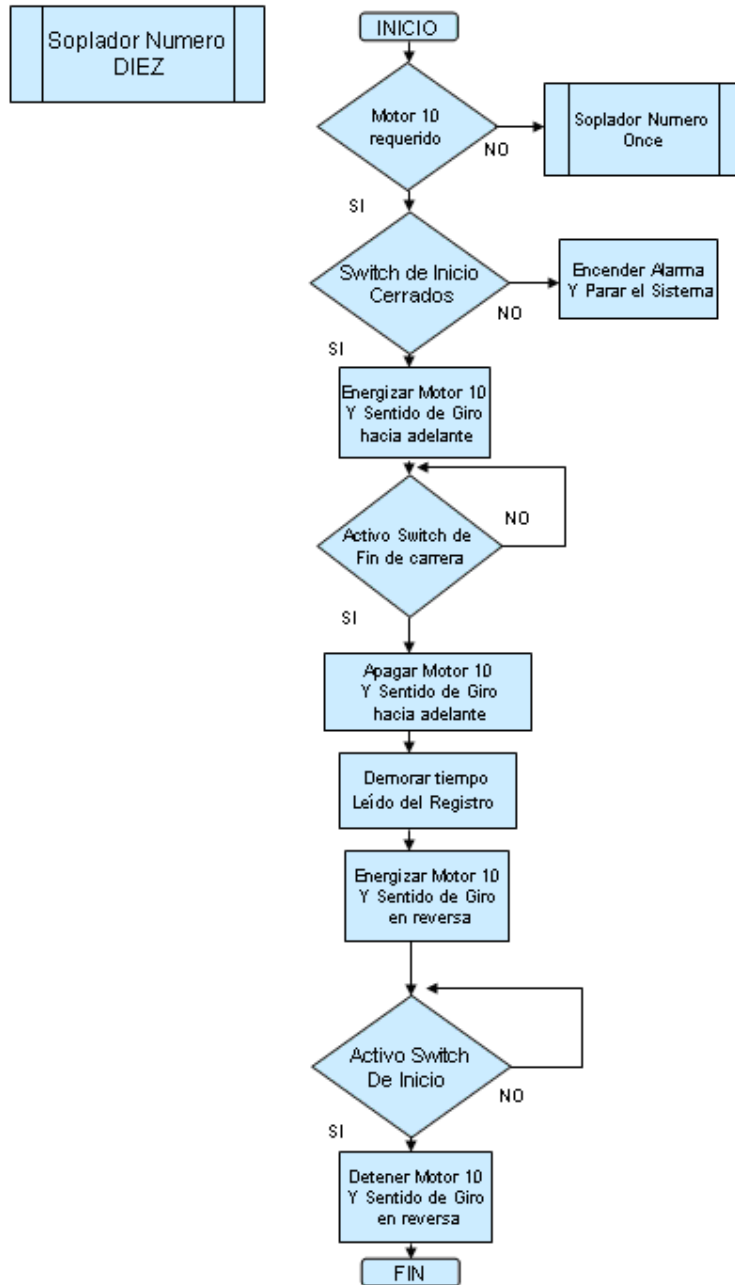


DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOPLADOR NÚMERO 11

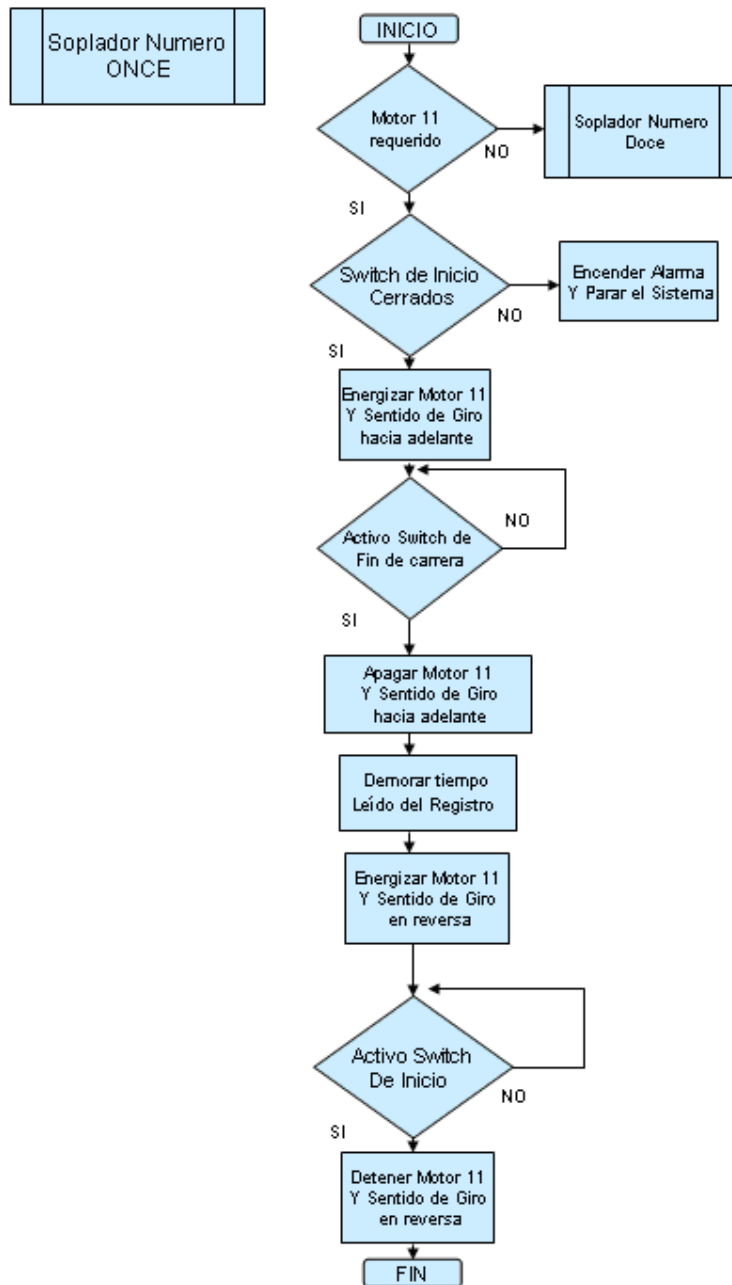
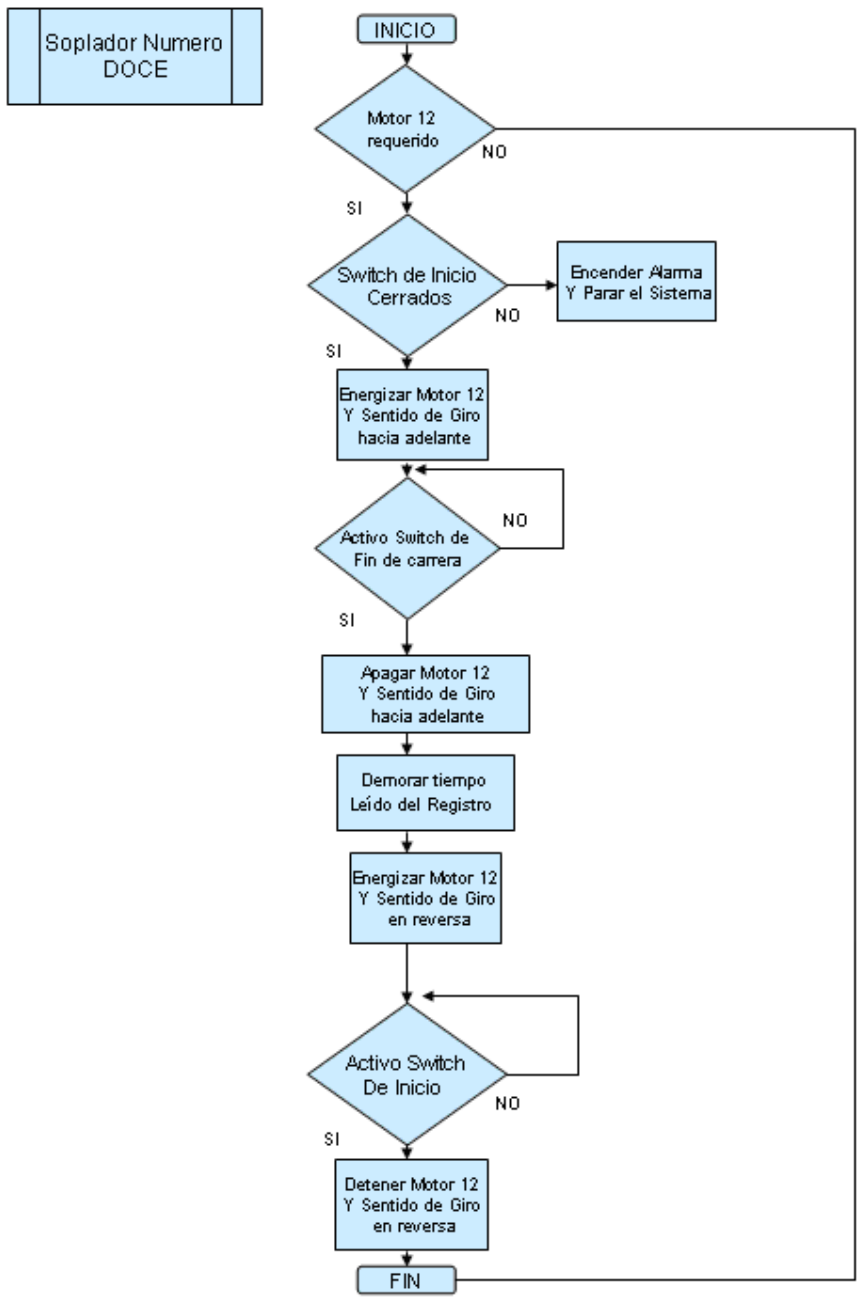


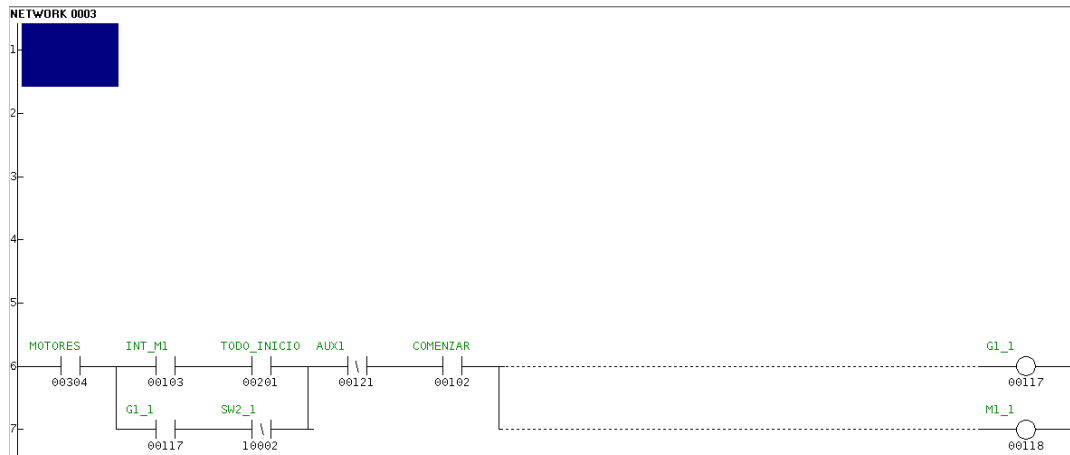
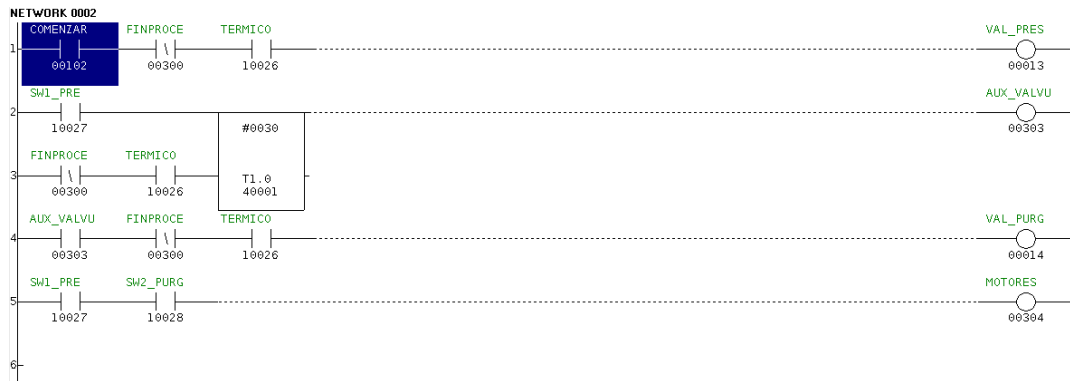
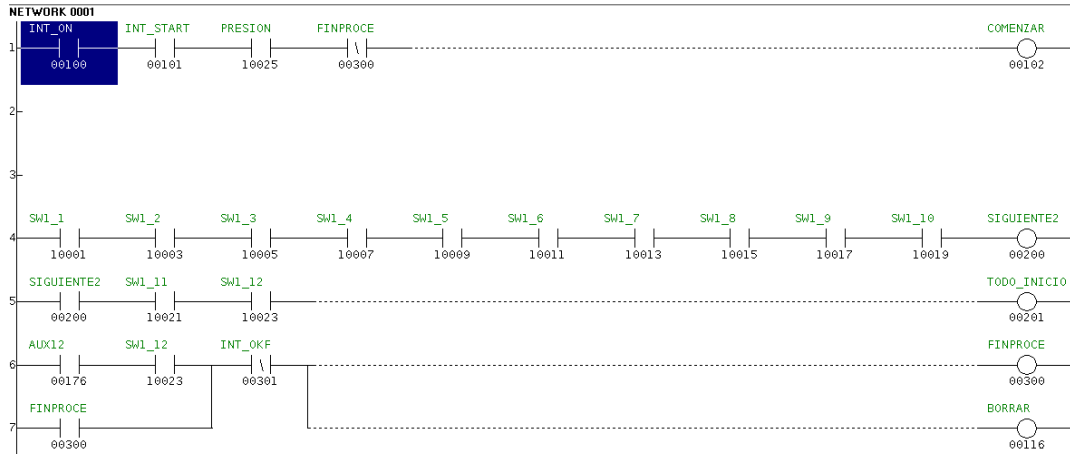
DIAGRAMA DE FLUJO 14, SOPLADOR NUMERO 12



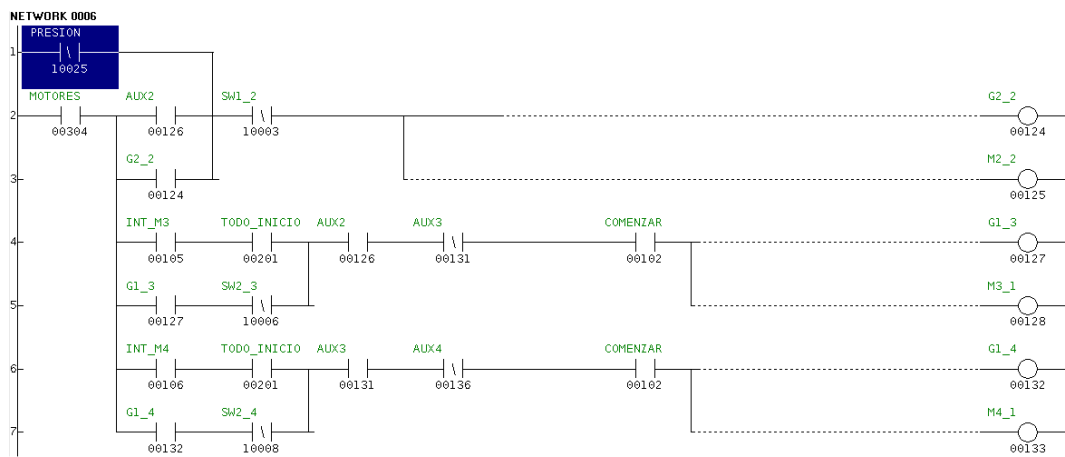
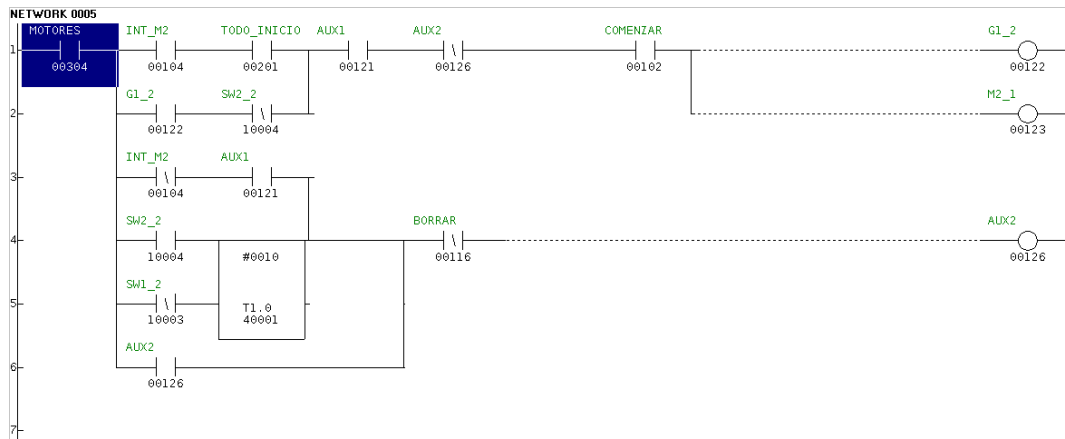
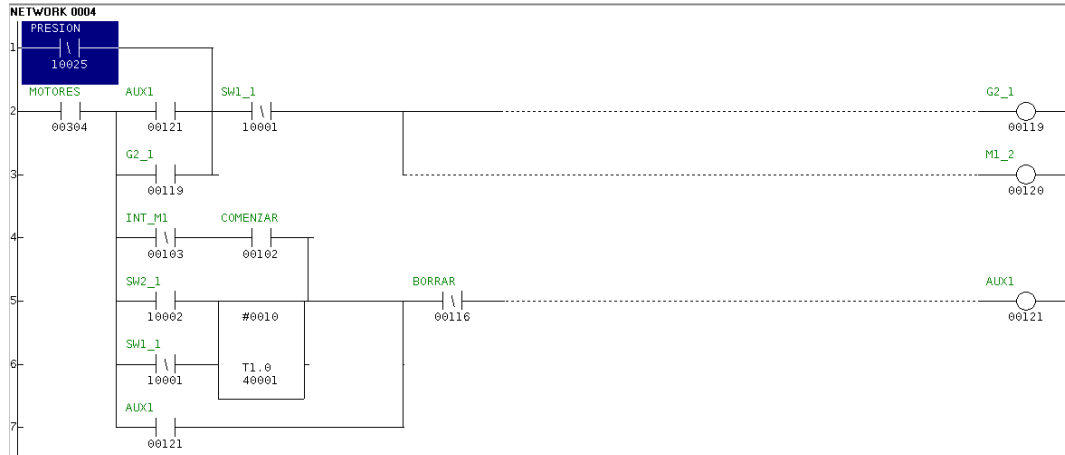
ANEXO 2

Programación del Controlador

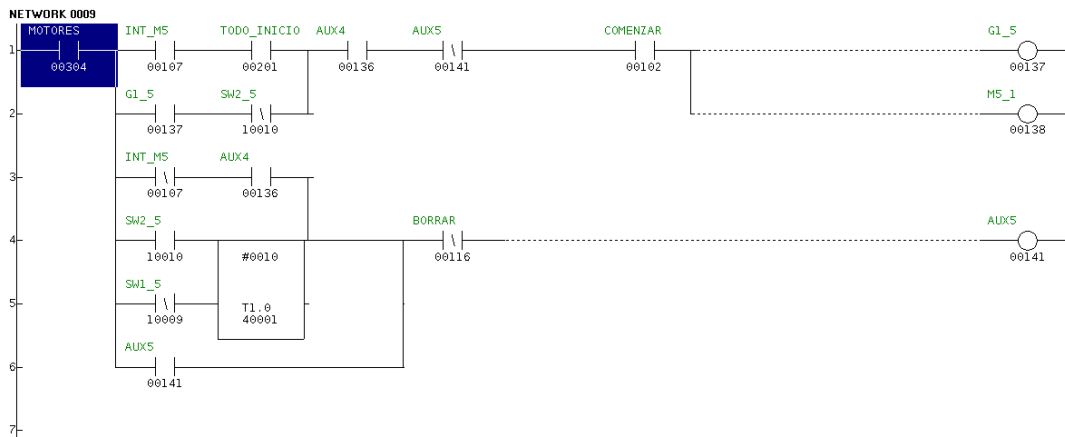
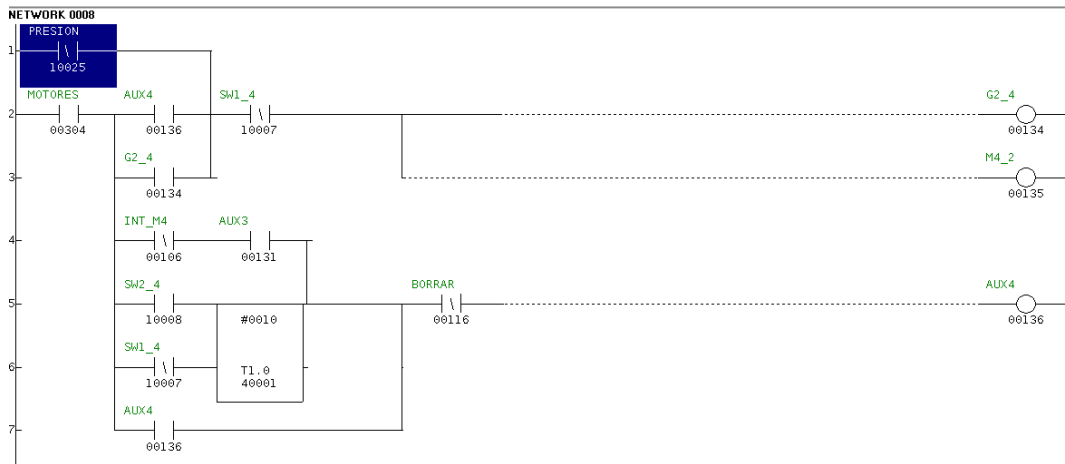
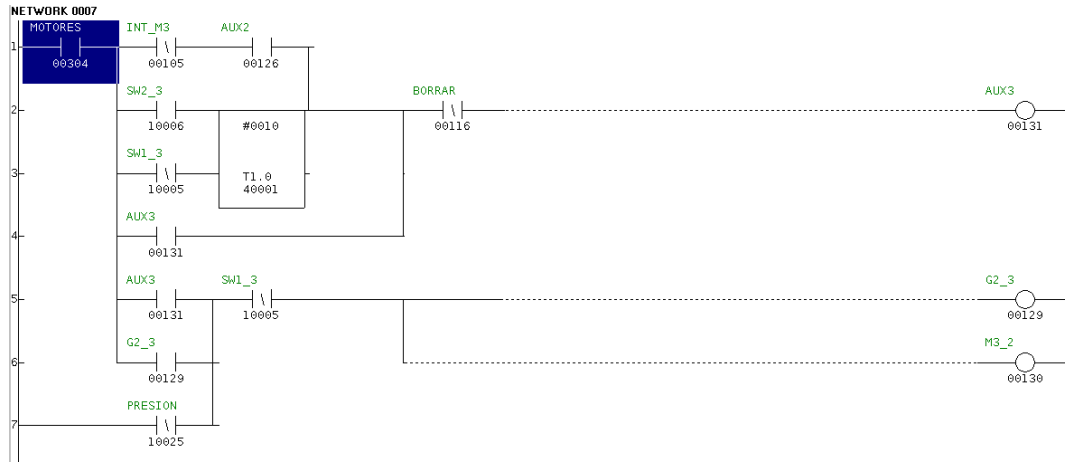
PROGRAMA DEL PLC



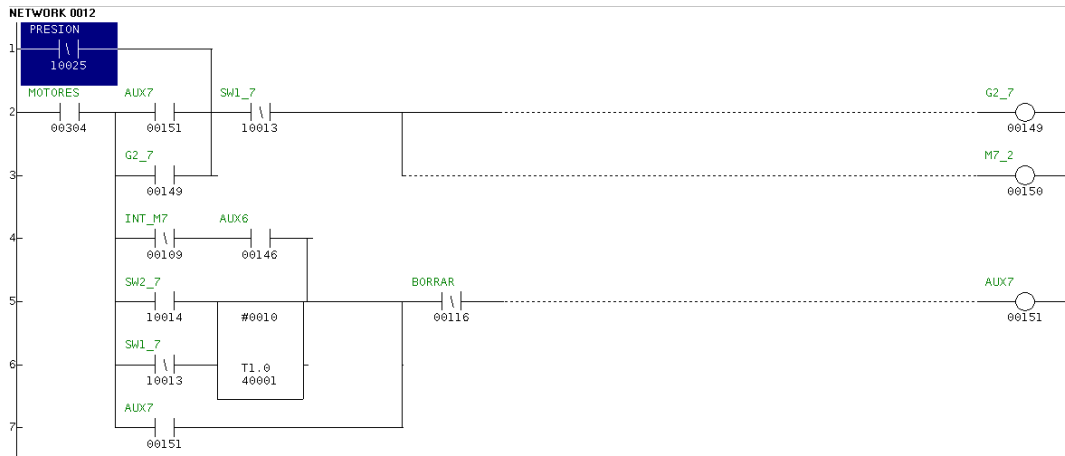
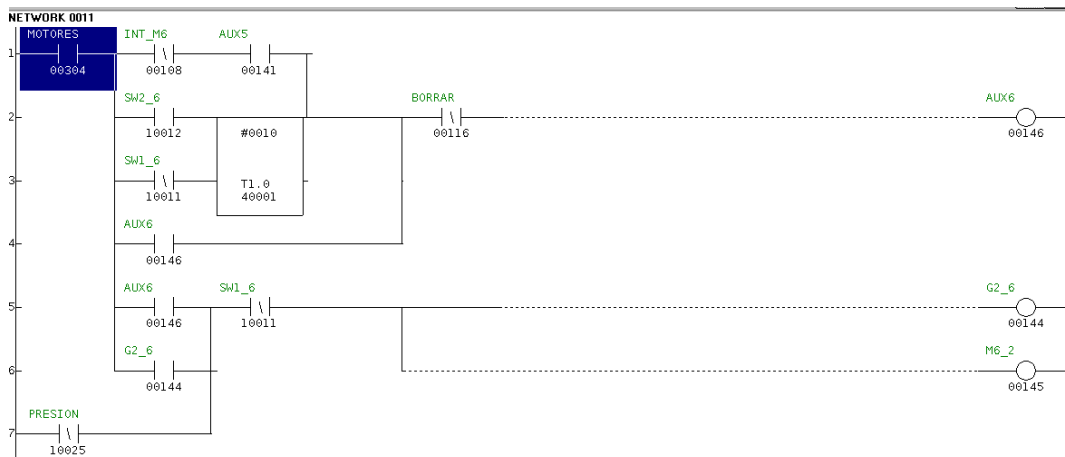
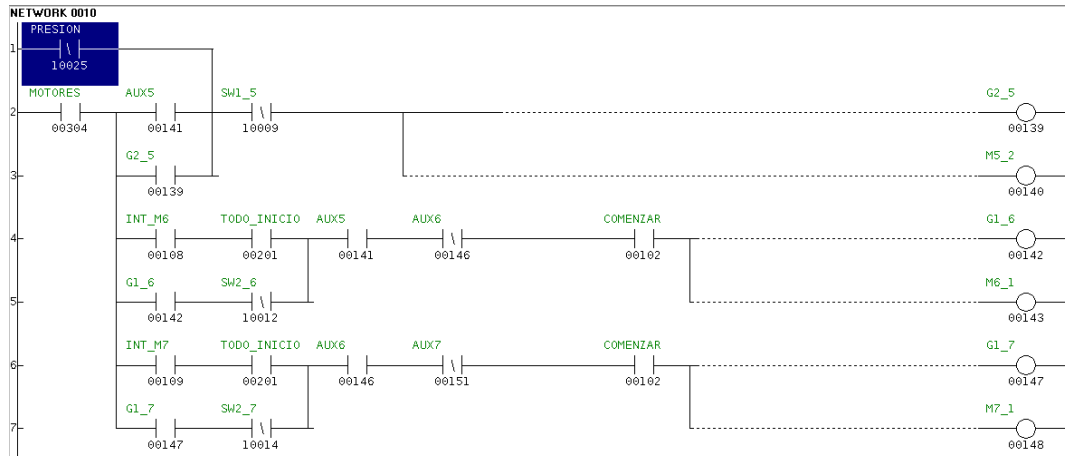
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

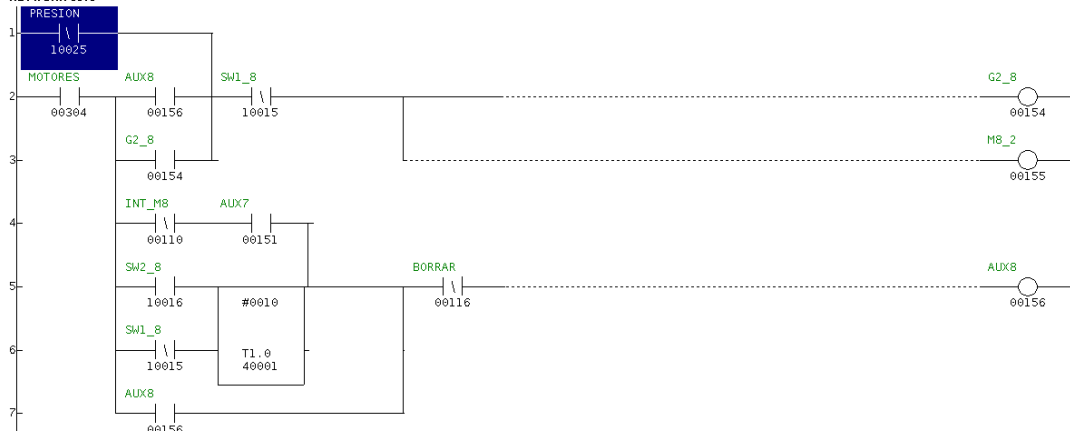


DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

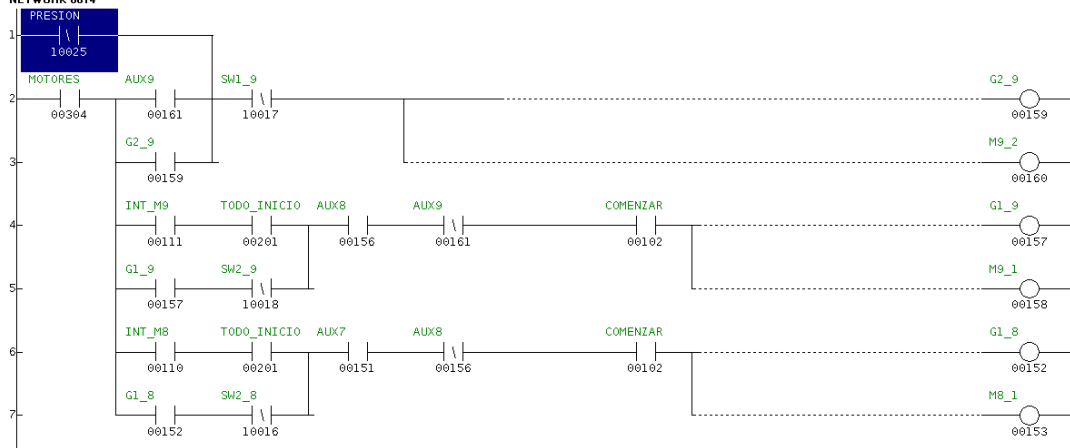


DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

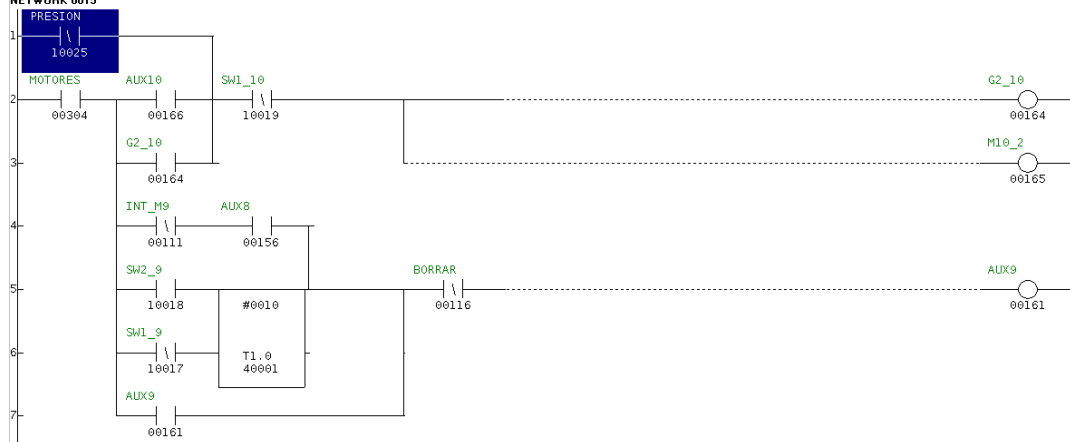
NETWORK 0013



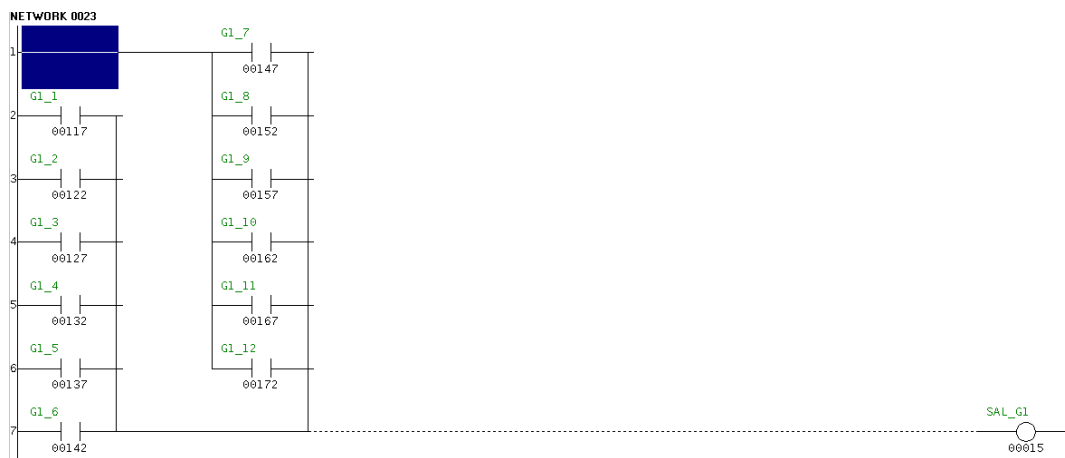
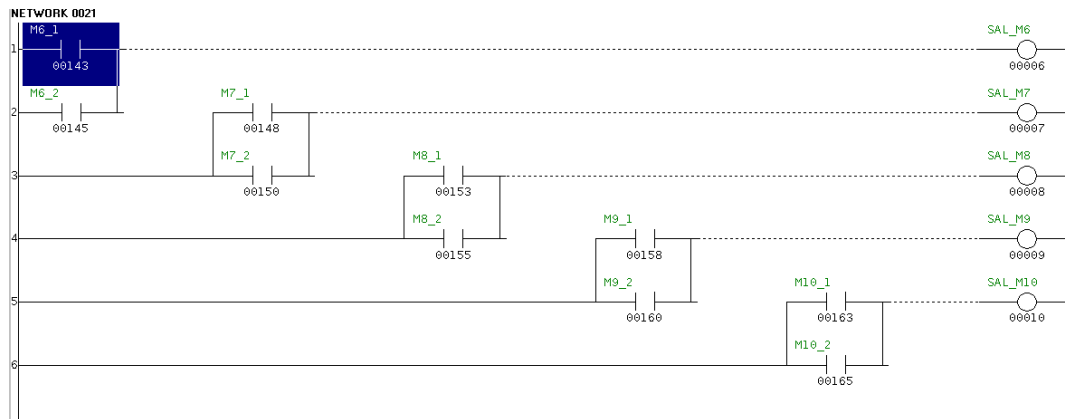
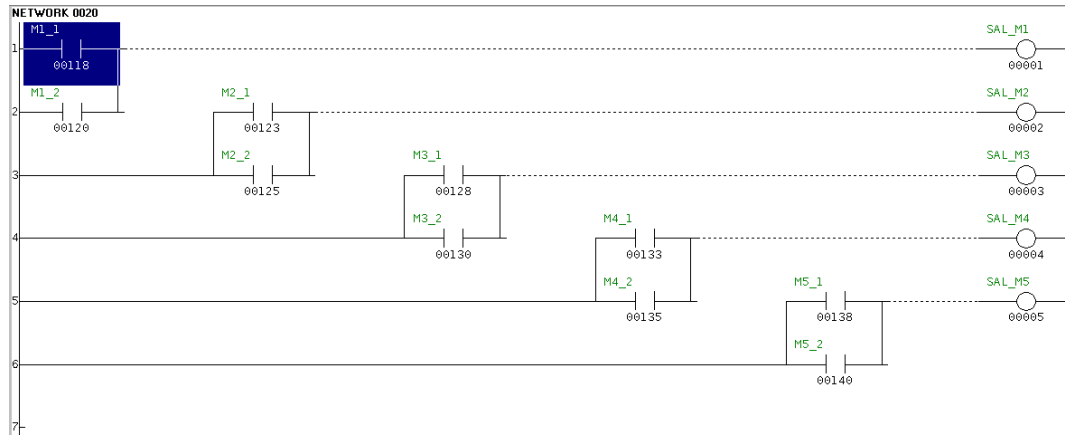
NETWORK 0014



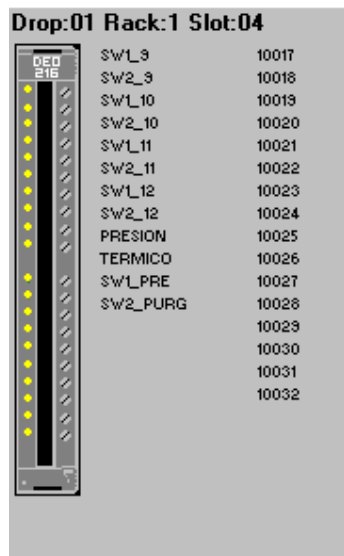
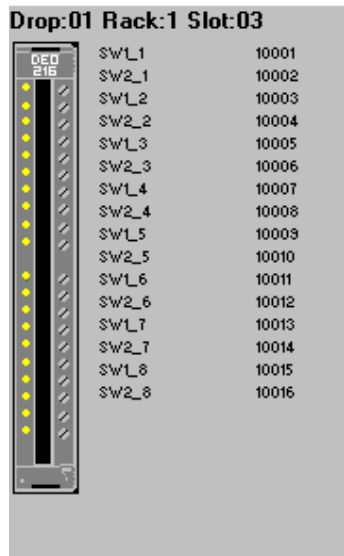
NETWORK 0015




DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



Drop:01 Rack:1 Slot:05



| | |
|----------|-------|
| SAL_M1 | 00001 |
| SAL_M2 | 00002 |
| SAL_M3 | 00003 |
| SAL_M4 | 00004 |
| SAL_M5 | 00005 |
| SAL_M6 | 00006 |
| SAL_M7 | 00007 |
| SAL_M8 | 00008 |
| SAL_M9 | 00009 |
| SAL_M10 | 00010 |
| SAL_M11 | 00011 |
| SAL_M12 | 00012 |
| VAL_PRES | 00013 |
| VAL_PURG | 00014 |
| SAL_G1 | 00015 |
| SAL_G2 | 00016 |

ANEXO 3

MANUAL DE USUARIO

En el presente anexo, se detallará el funcionamiento de la interfaz HMI una vez que el proceso se encuentre operando, y la manera de ponerlo en marcha.

Por lo que empezaremos analizando en entorno de la interfaz, lamisca que es ilustrada en la siguiente ventana, por la figura 1.



Figura 1 Ventana de Ingreso

La ventana ingreso, permitirá al operador tener una breve idea sobre el proceso que se va a controlar y monitorear. Para ingresar al sistema se debe dar click sobre el botón INGRESO, como se lo demuestra en la figura 2.



Figura 2 Botón de Ingreso

Una vez pulsado se tendrá acceso a la pantalla de verificación del sistema, en donde el operario deberá verificar sus datos de usuario y contraseña. La ventana de verificación se la ilustra en la figura 3.

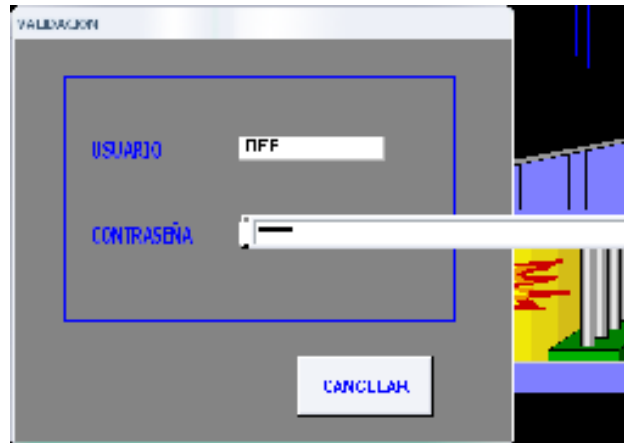


Figura 3 Ventana de Verificación de datos

Una vez que la autenticación sea correcta, con el usuario REE y la contraseña “control”, se debe dar enter y aparecerá la pantalla indicada en la figura 4.

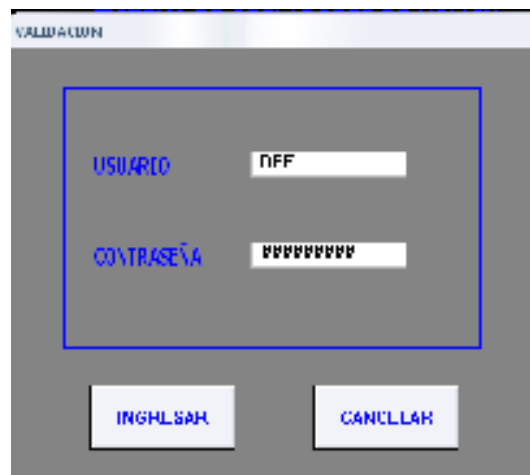


Figura 4 Verificación de datos correcta

Una vez que damos click sobre el botón ingresar, aparecerá la pantalla principal ilustrada en la figura 5. Como ya se lo había descrito anteriormente, la pantalla de inicio aparece sin su configuración total, razón por la cual, en el transcurso del presente anexo iremos detallando la manera de manejarla y su funcionamiento.

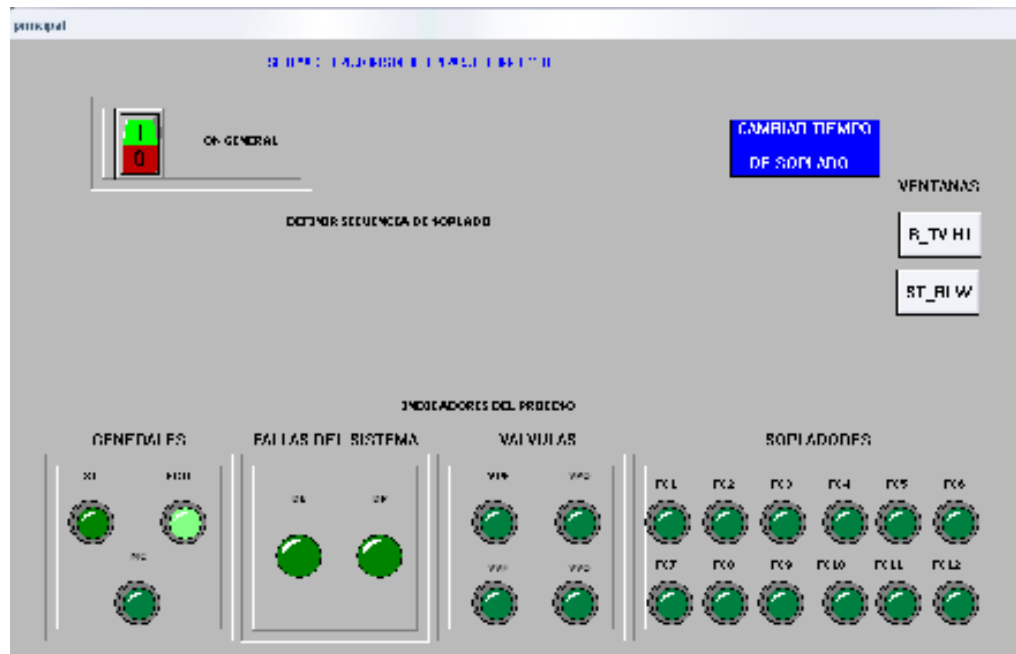


Figura 5 Pantalla Principal Inicial

Para inicializar por completo el sistema debemos activar el Switch ON GENERAL, el mismo que permite desplegar la pantalla mostrada en la figura 6.

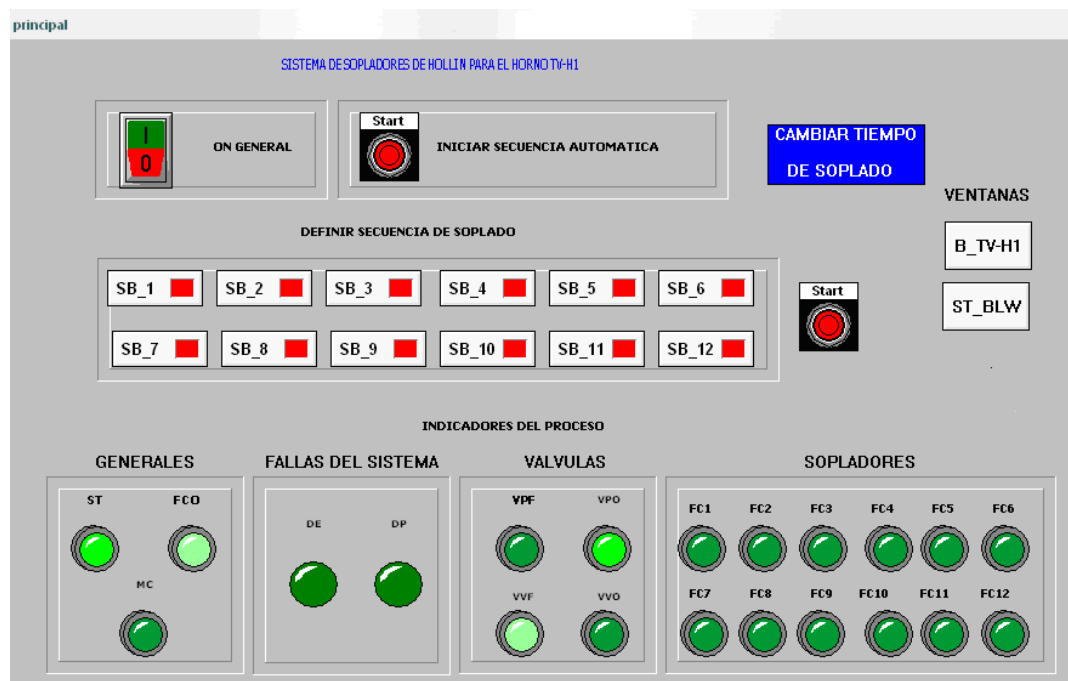


Figura 6 Pantalla Principal Completa

Para iniciar las pantallas de monitoreo y animación del proceso se debe dar click en los botones B_TV-H1 y ST_BLW.

Podemos observar que el controlador lee el correcto estado de los solenoides y las válvulas del sistema, lo cual se lo muestra en los indicadores del proceso ilustrados en la figura 7.



Figura 7 Estado Normal de Válvulas

En la pantalla B_TV-H1 podemos observar el estado de las válvulas, como se lo ilustra en la figura 8.

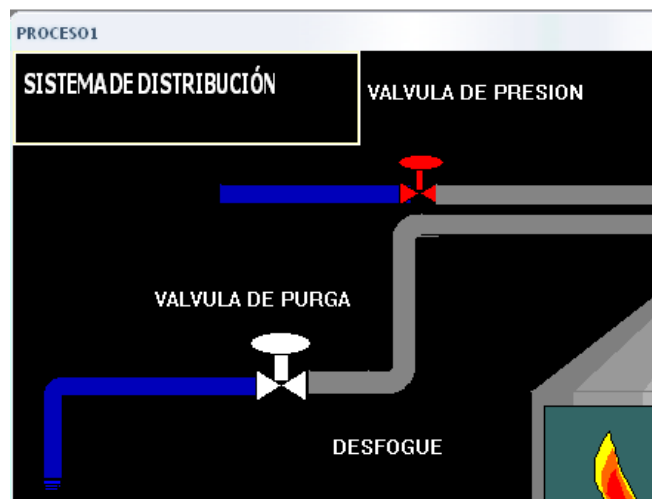


Figura 7 Animación de Válvula en estado normal

La válvula en color rojo, indica que la presión esta cerrada razón por la cual la tubería que la prosigue se encuentra de color gris, mientras que la válvula en blanco, o válvula de purga esta abierta, razón por la cual la tubería que la prosigue esta de color azul.

En el caso de que las válvulas no se encuentren en el estado adecuado, el sistema arrojará un error, el mismo que se refleja en la figura 9 y 10. Mientras no se solucione el problema de las válvulas, la interfaz no arrancará, y por ende el sistema total tampoco.



Figura 9 Falla en Válvula de Presion.





Figura 10 Falla en Válvula de Purga.

Si el funcionamiento de las válvulas es normal, entonces se enciende el indicador de encendido del sistema, como se lo muestra en la figura 11.



Figura 11 Sistema Energizado.

Luego, se debe escoger el modo de control, entre los mandos:

-  Secuencia
-  Y aleatorio.

Para escoger el modo secuencial únicamente debemos dar click sobre la opción iniciar secuencia automática, la misma que activará los doce sopladores. El botón a pulsar se lo indica en la figura 12.

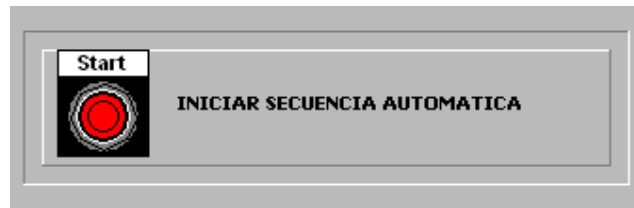


Figura 12 Modo Secuencial.

Para escoger el orden de los sopladores se debe integrar los motores al soplado al dar click sobre cada uno de ellos, como lo indica la figura 13.



Figura 13 Modo Aleatorio.

La condición para saber si el motor se integro, es que su indicador cambia a color verde de la manera ilustrada en la figura 14.

Para ejemplificar lo dicho, se imaginará que se escogió la secuencia de los motores impares, entonces luego de dar click sobre SB_1, SB_3, SB_5, SB_7, SB_9, y SB_11, los indicadores quedarán de la manera siguiente.

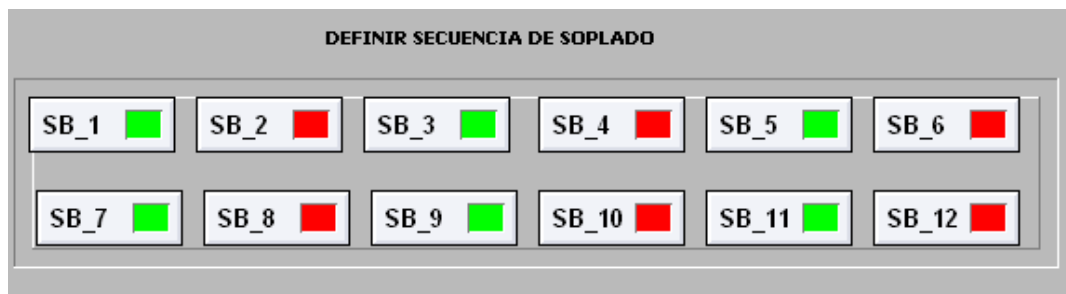


Figura 14 Definir Secuencia Aleatoria.

Una vez escogida la secuencia se pulsa el botón de inicio de soplado indicado en la figura 15.



Figura 15 Iniciar Secuencia Aleatoria.

Al pulsar los botones de Start de la figura 11 y 13, la pantalla principal esconderá las opciones de empezar el ciclo por razones de seguridad del proceso, por lo que la pantalla de inicio resultante se la describe en la figura 16.

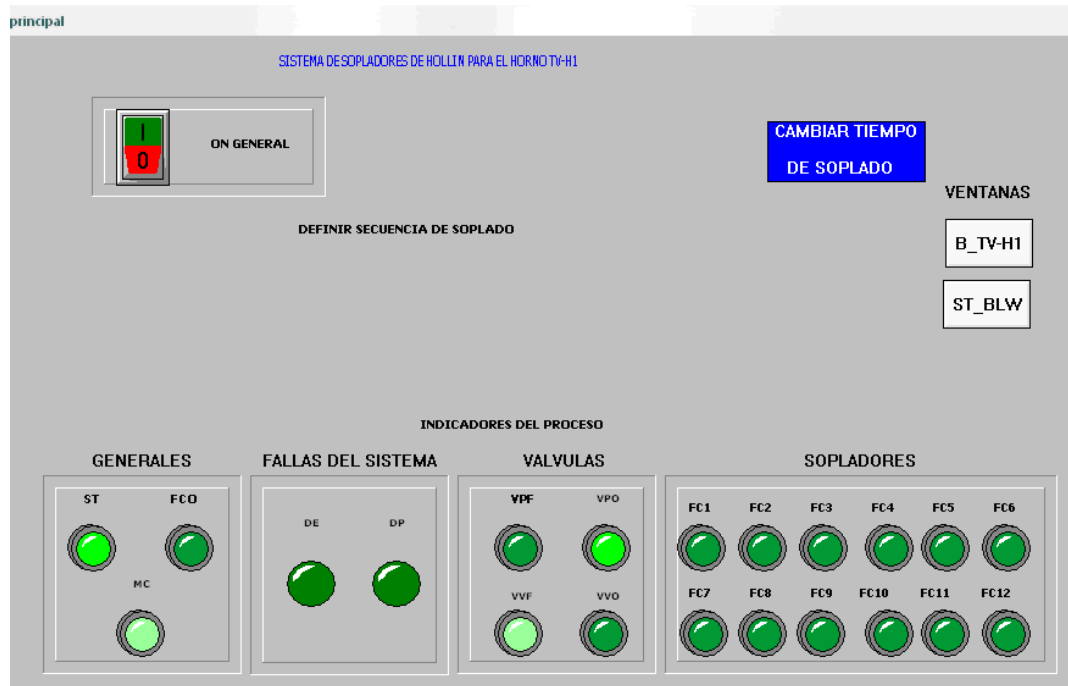


Figura 16 Pantalla Luego de Inicio de ciclo.

Como vemos, los indicadores luminosos generales han cambiado, pues el indicador de fin de ciclo se apago y se encendió el indicador de inicio de proceso, como lo indica la figura 17.



Figura 17 Proceso en marcha.

Luego de un tiempo, al encenderse la válvula de presión los indicadores de válvulas cambian como se lo muestra en la figura 18.

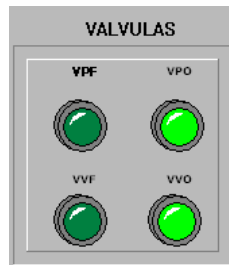


Figura 18 Válvula de Presión Abierta.

En la pantalla B_TV-H1 también se observa el cambio de estado de la válvula, pues la tubería ubicada después de la válvula de presión, empieza a titilar a un color azul para indicar el paso del vapor, como se lo indica en la figura 19.

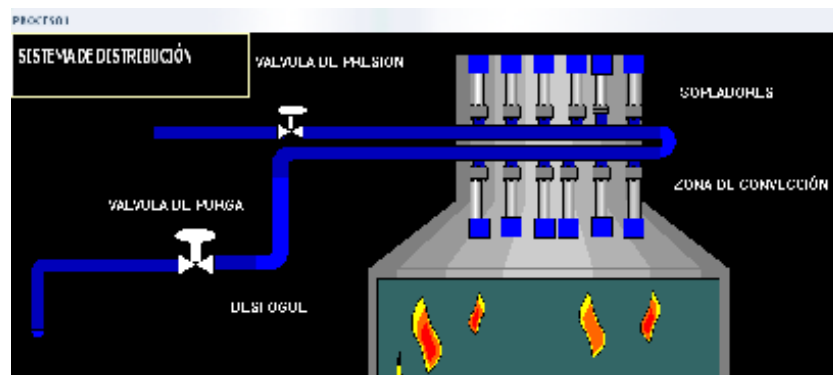


Figura 19 Animación de válvula de presión abierta

Luego de la activación del timer de la válvula de purga, el mismo que esta seteado en 30 segundos, las válvulas quedan en su posición final, es decir la válvula de purgase cierra y la válvula de presión abierta, por lo que los indicadores quedan como se lo muestra en la figura 20.

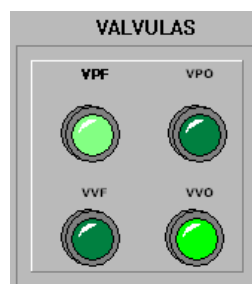


Figura 20 Válvulas en posición final.

En la pantalla B_TV-H1 también se observa el cambio de estado de las válvula, pues la tubería ubicada después de la válvula de purga regresa al color gris que caracteriza la falta de presión sobre la <misma. Este proceso se lo describe en la figura 21.

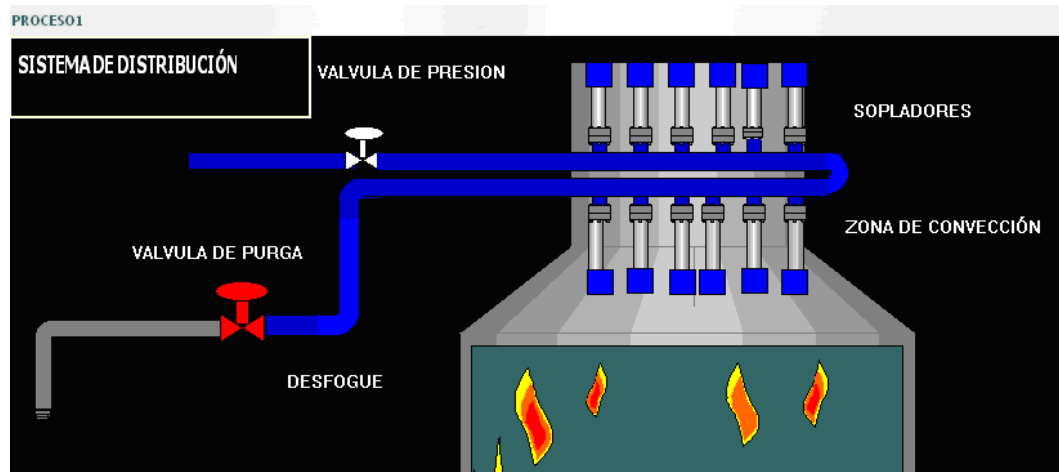


Figura 21 Animación de Válvulas en posición final.

Una vez que las válvulas estén en su posición normal, empieza el proceso de soplado de hollín para los motores, el mismo que se puede visualizar en las tres ventanas principales del proceso. Se ilustrarán dos motores para lograr una percepción adecuada del monitoreo de la interfaz.

Cuando el Motor uno active el soplador uno, se lo visualizará en la pantalla principal con el indicador de funcionamiento de los sopladores, como se lo indica en la figura 22.



Figura 22 Soplador uno en funcionamiento.

En la pantalla B_TV-H1 se visualizará el proceso mediante el titileo de la tubería que se dirige hacia el soplador uno, como se lo indica en la figura 23.

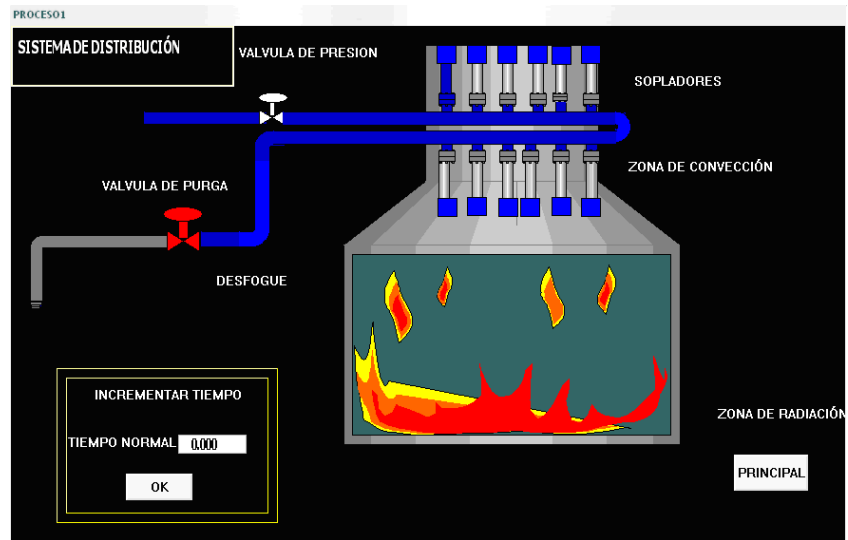


Figura 23 Animación del Soplador Uno en Funcionamiento

En la misma ventana, podemos observar que el motor está en funcionamiento pues sobre el final del indicador, el rotulo S1 titila como se lo muestra en la figura 24.

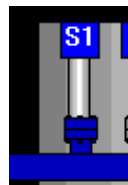


Figura 24 Motor uno Encendido

Para el motor 2, la pantalla B_TV-H1 muestra lo indicado en la figura 25.

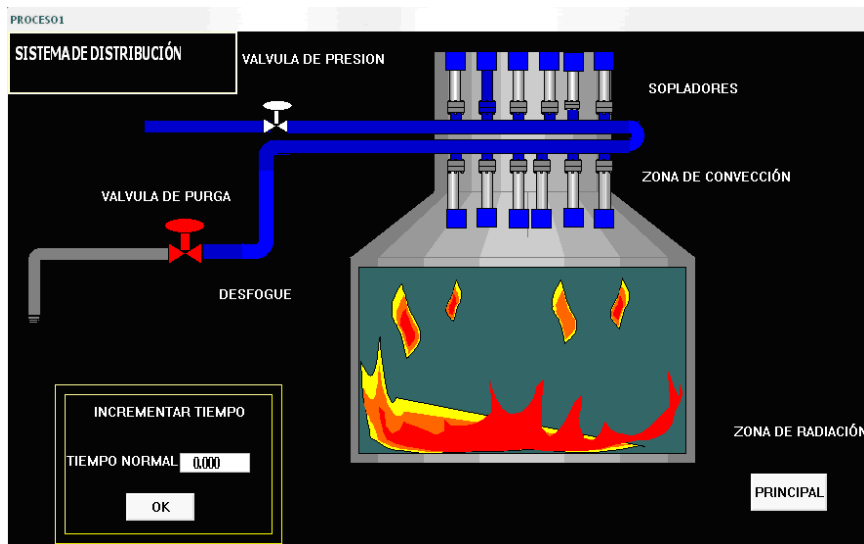


Figura 25 Animación del Soplador Dos en Funcionamiento

De la misma manera el rotulo S2 titila como se lo muestra en la figura 26.

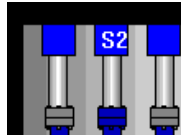


Figura 26 Motor Dos Encendido

Para regresar a la pantalla principal se debe presionar el botón principal.

En la ventana ST_BLW los sopladores presentados en un corte del horno, titilan como lo indica la figura 27.

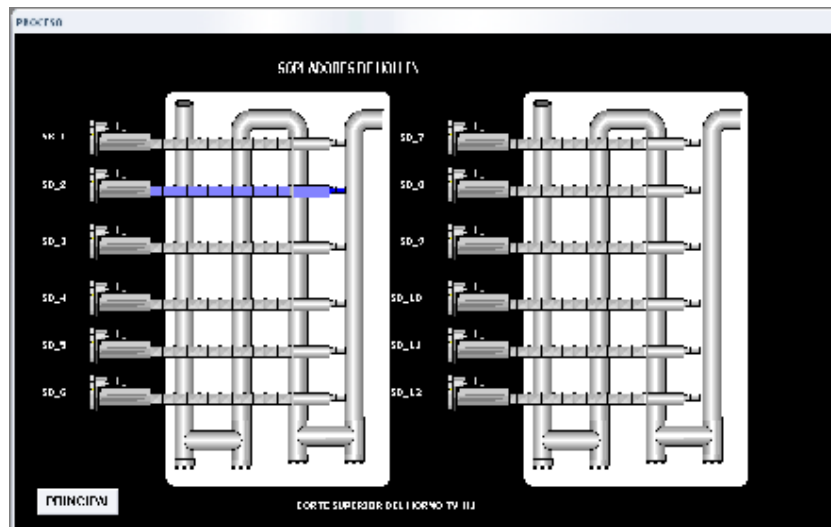


Figura 27 Soplador Dos Encendido

Para regresar a la pantalla principal se debe presionar el botón principal.

Mientras el proceso funciona con normalidad es posible que se presente una falla de presión o una falla térmica. Para el caso de falla en la línea de presión el Switch abre sus contactos y se produce un mensaje de error, como el descrito en la figura 28.

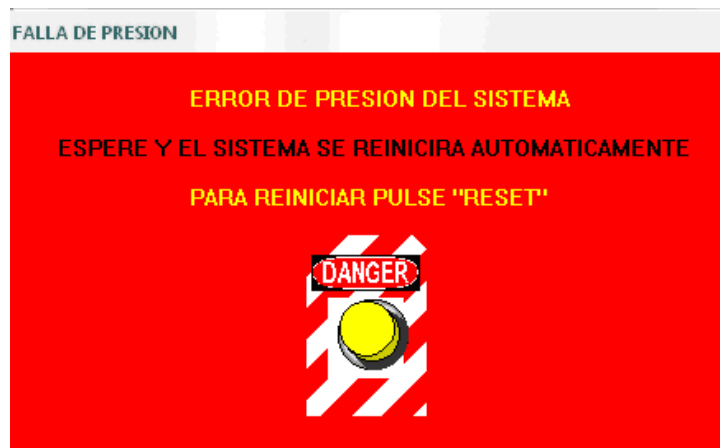


Figura 28 Mensaje de error por falla de presión.

Si esperamos a que la presión en la línea se normalice, el sistema empezará en el soplador donde se paro el proceso. Pero si se pulsa reset el sistema se encera, razón por la cual la pantalla principal cambia, como se lo ilustra en la figura 29.

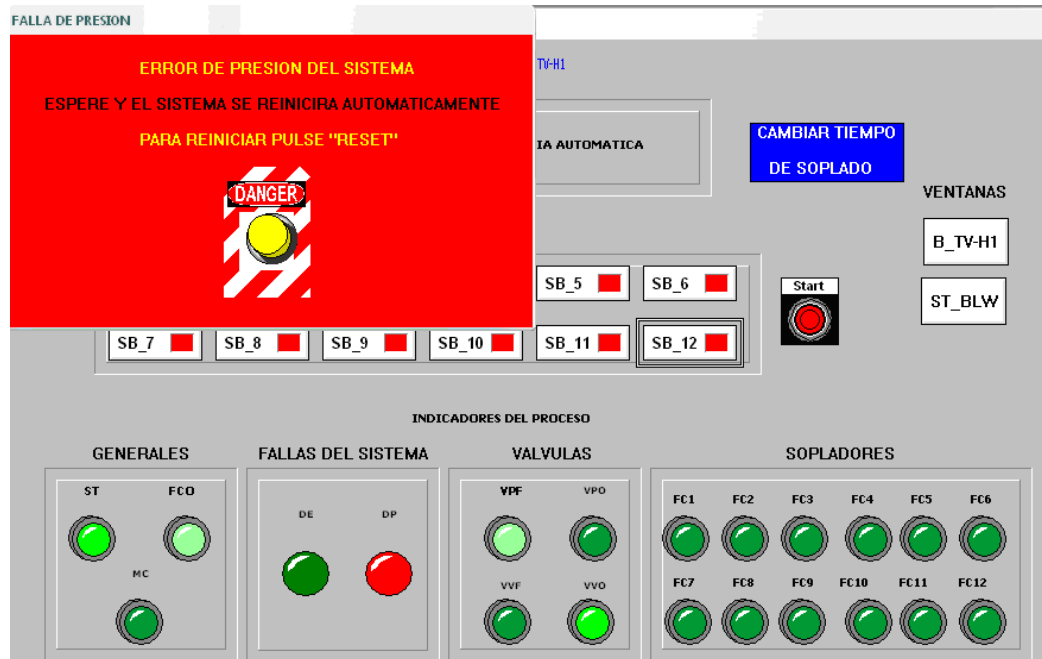


Figura 29 Mensaje de error por falla de presión.

Como observamos en la figura 29, se enciende el aviso de fin de proceso, se apaga el indicador del soplador que estaba en funcionamiento y se enciende la alarma de falla térmica. La pantalla ilustrada en la figura 28 únicamente se cerrará cuando la presión se normalice.

Después de un determinado tiempo la válvulas vuelven a su posición normal como se lo indica en la figura 30.



Figura 30 Pantalla principal luego del RESET del Proceso.

En el caso de falla térmica aparecerá la pantalla ilustrada en la figura 31.



Figura 31 Mensaje de error por falla Térmica.

En este caso la única salida será reestablecer el sistema y regresar el motor en modo manual. Por lo que al presionar RESET nos aparece la siguiente pantalla ilustrada en la figura 32.

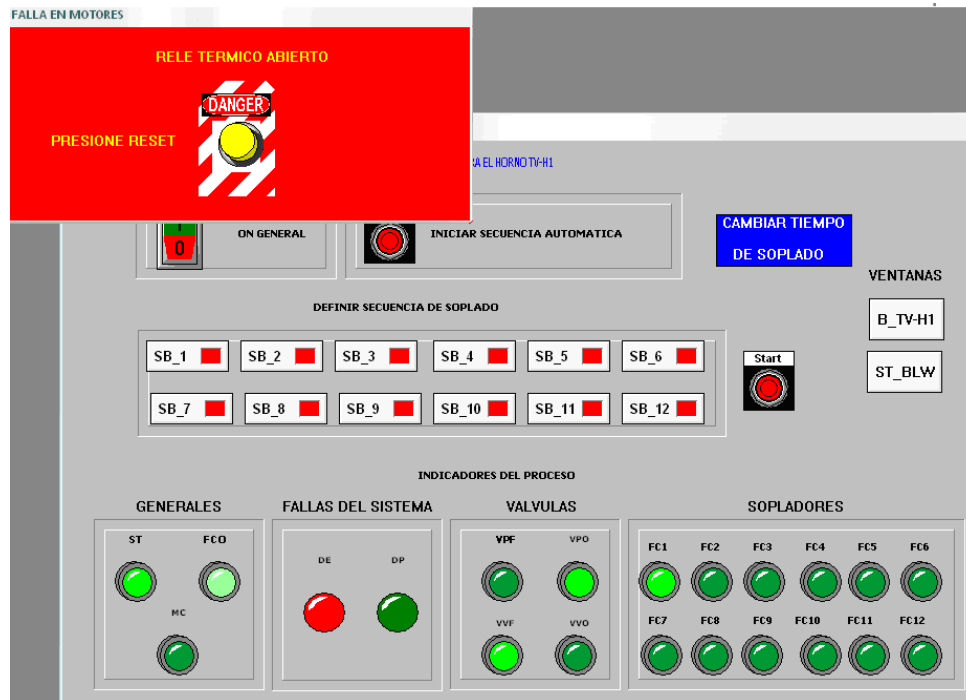


Figura 32 Pantalla restablecida por falla Térmica.

La principal diferencia de esta pantalla con la que apareció en la falla de presión es que el indicador del motor queda activado para saber cual motor presento la falla. Una vez que el motor se regrese manualmente el indicador se apagará. El aviso de falla térmica desaparecerá cuando se solucione los inconvenientes con el relé térmico. Después de un determinado tiempo las válvulas vuelven a su posición normal como se lo indico en la figura 7.

Una vez que se pulse RESET, en cualquier falla se deberá dar click sobre la ventana de confirmación, la misma que se ilustra en la figura 33.

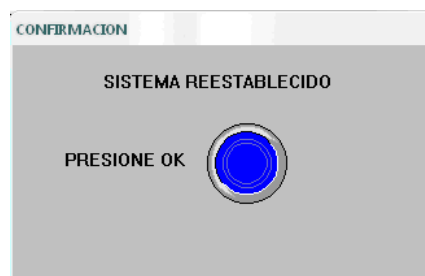


Figura 33 Confirma el sistema reestablecido.

Si deseamos cambiar el tiempo de soplado, debemos dar click sobre la opción de modificar el tiempo de cada soplador, el botón descrito se lo indica en la figura 34.

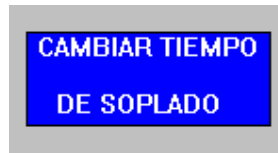


Figura 34 Aumentar tiempo de soplado.

Luego de dar un click sobre el mismo podremos modificar el tiempo en minutos, escribiéndolo en la ventana B_TV-H1 como se lo ilustra en la figura 35 y pulsando OK.

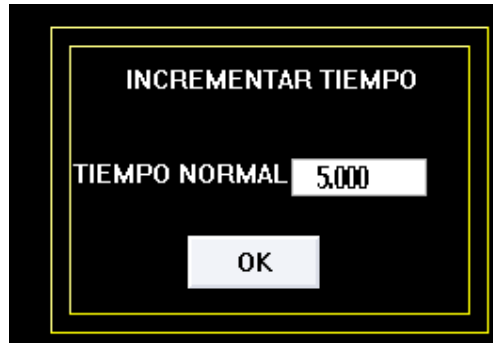


Figura 34 Definir Incremento en el tiempo de soplado.

ÍNDICE DE DATASHEET

DATASHEET 1

| | |
|---------------------------|--------|
| Relé Térmico LR1..... | 1 a 10 |
| Relés de Ciclo CA2DN..... | 1 a 10 |

Componentes de protección TeSys

Relés tripolares de protección térmica modelo d

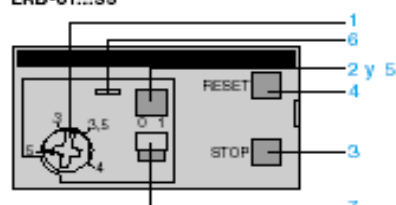
Descripción, características

Referencias:
páginas 3/12 y 3/13
Dimensiones:
páginas 3/16 a 3/18
Esquemas:
página 3/19

Descripción

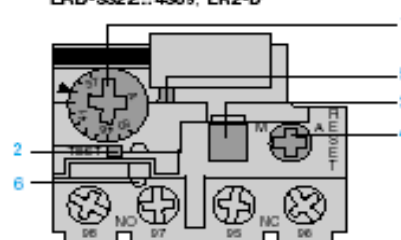
Los relés tripolares de protección térmica modelo d están diseñados para la protección de los circuitos y de los motores además contra las sobrecargas, los cortes de fases, los arranques y calados prolongados del motor.

LRD-01...35



- 1 Botón de ajuste Ir
- 2 Pulsador Test
Accionando el pulsador Test es posible:
 - controlar el cableado del circuito de control,
 - simular el disparo del relé (acción sobre los 2 contactos "NC" y "NA").
- 3 Pulsador Stop, Actúa sobre el contacto "NC" y no tiene efecto sobre el contacto "NA"
- 4 Pulsador de rearme
- 5 Visualización de la activación
- 6 Enclavamiento mediante precintado de la tapa
- 7 Selector entre rearme manual y automático. Los relés LRD-01 a 35 se suministran con selector en posición protegido por una tapa. El paso a la posición automática se realiza mediante acción voluntaria.

LRD-3322...4369, LR2-D



Entorno

| | | | |
|---|---|----|--|
| Conformidad con las normas | | | IEC 947-1, IEC 947-4-1 NF C 63-650, VDE 0660, BS 4941 |
| Homologaciones | | | CSA, UL, Sichere Trennung, PTB salvo LAD-4; UL, CSA |
| Grado de protección | Según VDE 0106 | | Protección contra contactos directos IP 2X |
| Tratamiento de protección | Según IEC 68 | | "TH" |
| Temperatura ambiente en el entorno del aparato | Para almacenamiento | °C | -60...+70 |
| | Para funcionamiento normal sin desclasificación (IEC 947-4-1) | °C | -20...+60 |
| | Valores límites de funcionamiento (con desclasificación) | °C | -40...+70 |
| Posiciones de funcionamiento sin desclasificación | Con respecto a la posición vertical normal de montaje | | Todas las posiciones |
| Resistencia a los choques | Aceleración admisible según IEC 68-2-7 | | 15 g - 11 ms |
| Resistencia a las vibraciones | Aceleración admisible según IEC 68-2-6 | | 6 g |
| Rigidez dieléctrica a 50 Hz | Según IEC 255-5 | KV | 6 |
| Resistencia a las ondas de choque | Según IEC 601-5 | KV | 6 |

Características de los contactos auxiliares

| | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|-----------------|------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|
| Corriente térmica convencional | | A | 5 | | | | | |
| Consumo máximo al mantenimiento de las bobinas de contactores controlados (Ciclos de maniobras ocasionales del contacto 95-96) | Corriente alterna | V | 24 | 48 | 110 | 220 | 380 | 600 |
| | | VA | 100 | 200 | 400 | 600 | 600 | 600 |
| | Corriente continua | V | 24 | 48 | 110 | 220 | 440 | - |
| | | W | 100 | 100 | 50 | 45 | 25 | - |
| Protección contra los cortocircuitos | Mediante fusible gG, BS. Calibre máximo o disyuntor GB2 | A | 5 | | | | | |
| Conexión sobre tornillos de estribo | Hilo flexible sin terminal | 1 o 2 conductores | mm ² | Secciones mín./máx. 1/2,5 | | | | |
| | Hilo flexible con terminal | 1 o 2 conductores | mm ² | 1/2,5 | | | | |
| | Hilo rígido sin terminal | 1 o 2 conductores | mm ² | 1/2,5 | | | | |
| | Par de apriete | | N.m | 1,7 | | | | |
| | Conexión sobre bornas de resorte | | | | Secciones mín./máx. | | | |
| Hilo flexible sin terminal | 1 o 2 conductores | mm ² | 1/2,5 | | | | | |
| Hilo rígido sin terminal | 1 o 2 conductores | mm ² | 1/2,5 | | | | | |

Componentes de protección TeSys

Relés tripolares de protección térmica modelo d

Características

Referencias:
páginas 3/12 y 3/13
Dimensiones:
páginas 3/16 a 3/18
Esquemas:
página 3/19

Características eléctricas del circuito de potencia

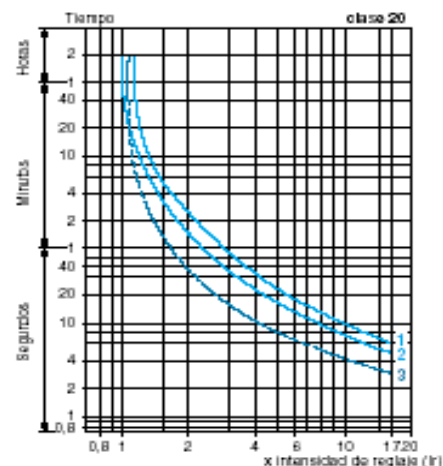
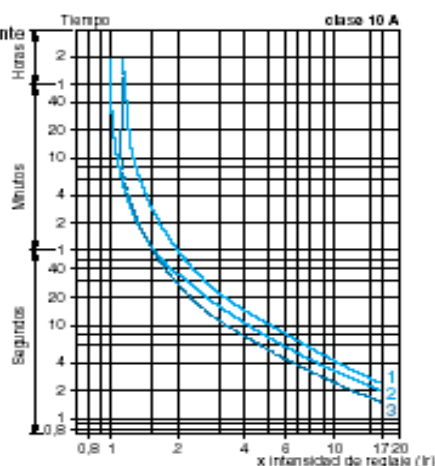
| Tipo de relé | | | LRD-01 a 16 LR3-D01 a D16 | LR2-D15** | LRD-21 a 35 LR3-D21 a D35 | LR2-D25** | LRD-3322 a 33696 LR3-D3322 a D33696 | LR2-D35** | LRD-4365 a 4369 |
|--|----------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|------------------------------|--------------------------|--|-----------|--------------------|
| Clase de disparo | Según UL 508, IEC 947-4-1 | A | 10 A | 20 | 10 A | 20 | 10 A | 20 | 10 A |
| Tensión asignada de aislamiento (Ui) | Según IEC 947-4-1 | V | 690 | | 690 | | 1.000 | | 1000 |
| | Según UL, CSA | V | 600 | | 600 | | 600 | | 600 salvo LRD-4369 |
| Tensión asignada de resistencia a los choques (Uimp) | | kV | 6 | | 6 | | 6 | | 6 |
| Límites de frecuencia | De la corriente de empleo | Hz | 0...400 | | 0...400 | | 0...400 | | 0...400 |
| Rango de reglaje | Según modelo | A | 0,1...13 | | 12...38 | | 17...104 | | 80...140 |
| Conexión sobre tornillos de estribo | | | Secciones mín./máx. | | | | | | |
| | Hilo flexible sin terminal | 1 conductor | mm ² | 1,5/10 | | 1,5/10 | | 4/35 | 4/50 |
| | Hilo flexible con terminal | 1 conductor | mm ² | 1/4 | | 1/8 salvo LRD-21: 1/4 | | 4/35 | 4/35 |
| | Hilo rígido sin terminal | 1 conductor | mm ² | 1/6 | | 1,5/10 salvo LRD-21: 1/6 | | 4/35 | 4/50 |
| Par de apriete | | N.m | 2,5 | 1,85 | 2,5 | | 9 | | 9 |
| Conexión sobre bornas de resorte | | | Secciones mín./máx. | | | | | | |
| | Hilo flexible sin terminal | 1 conductor | mm ² | 1,5/4 | - | 1,5/4 | - | - | - |
| Hilo rígido sin terminal | 1 conductor | mm ² | 1,5/4 | - | 1,5/4 | - | - | - | |

3

Características de funcionamiento

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|----|--|-----------|-----------|-----------|
| Compensación en temperatura | | °C | -20...+60 | -30...+60 | -30...+60 | -20...+60 |
| Umbral de disparo | Según IEC 947-4-1 | A | 1,14 ± 0,06 In | | | |
| Sensibilidad a los defectos de fases | Según IEC 947-4-1 | | Disparo I 30% de In sobre una fase, las otras a In | | | |

Tiempo de funcionamiento medio en función de los múltiplos de la corriente de reglaje



- 1 Funcionamiento equilibrado, 3 fases, sin paso previo de la corriente (en frío).
- 2 Funcionamiento sobre las 2 fases, sin paso previo de la corriente (en frío).
- 3 Funcionamiento equilibrado 3 fases, después de paso prolongado de la intensidad de reglaje (en caliente).

Componentes de protección TeSys

Relés electrónicos tripolares de protección térmica modelo LR9-D

Descripción, características

Referencias:
páginas 3/12 y 3/13
Dimensiones:
páginas 3/16 a 3/18
Esquemas:
página 3/19

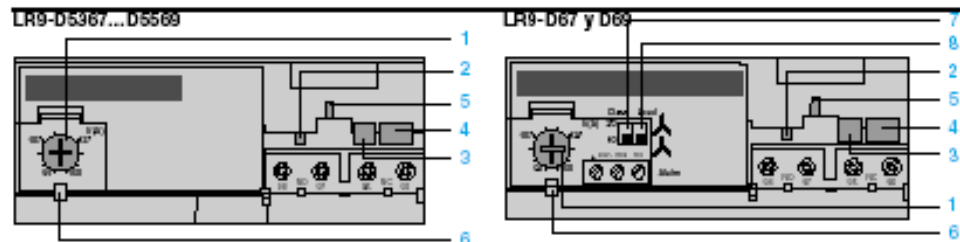
Descripción

Los relés electrónicos LR9-D están diseñados para los contactores LC1-D115 y D150.

Además de las protecciones que ofrecen los relés modelo d (ver la página 3/08), tienen las siguientes características especiales:

- Protección contra los desequilibrios de fase.
- Elección de la clase de arranque.
- Protección de los circuitos desequilibrados.
- Protección de los circuitos monofásicos
- Función alarma que evita los disparos por desajuste.

- 3
- 1 Pulsador de ajuste Ir
 - 2 Pulsador Test
 - 3 Pulsador Stop
 - 4 Pulsador de rearme
 - 5 Visualización del disparo
 - 6 Enclavamiento mediante precintado de la tapa
 - 7 Conmutador clase 10/clase 20
 - 8 Conmutador carga equilibrada / carga desequilibrada



Entorno

| | | | |
|--|--|-----|--|
| Conformidad con las normas | | | IEC 947-4-1, 255-8, 255-17, VDE 0660 y EN 60947-4-1 |
| Homologaciones | | | UL 508, CSA 22-2 |
| Grado de protección | Según IEC 529 y VDE 0106 | | IP 20 en la parte frontal con tapas de protección LA9-D11570 o D11560 |
| Tratamiento de protección | En ejecución normal | | "TH" |
| Temperatura ambiente en el entorno del aparato (según IEC 255-8) | Para almacenamiento | °C | - 40...+ 85 |
| | Para funcionamiento normal | °C | - 20...+ 55 (1) |
| Altitud máxima de utilización | Sin desclasificación | m | 2.000 |
| Posiciones de funcionamiento sin desclasificación | Con respecto a la posición vertical de montaje | | Todas las posiciones |
| Resistencia a los choques | Aceleración admisible según IEC 68-2-27 | | 13 g - 11 ms |
| Resistencia a las vibraciones | Aceleración admisible según IEC 68-2-6 | | 2 g - 5 a 300 Hz |
| Rigidez dieléctrica a 50 Hz | Según IEC 255-5 | kV | 6 |
| Resistencia a las ondas de choque | Según IEC 1000-4-5 | kV | 6 |
| Resistencia a las radiaciones radio-frecuencia | Según IEC 1000-4-3 y NF C 46-022 | V/m | 10 |
| Resistencia a los transitorios rápidos | Según IEC 1000-4-4 | kV | 2 |
| Compatibilidad electromagnética | Proyecto EN 50081-1 y 2, EN 50082-2 | | Conforme |

Características eléctricas de los contactos auxiliares

| | | | |
|--|---|-----------------|---------------------------------------|
| Corriente térmica convencional | | A | 5 |
| Consumo máximo al mantenimiento de las bobinas de contactores controlados (Ciclos de maniobras ocasionales del contacto 95-96) | Corriente alterna | V | 24 48 110 220 380 600 |
| | | VA | 100 200 400 600 800 |
| Protección contra los cortocircuitos | Corriente continua | V | 24 48 110 220 440 - |
| | | W | 100 100 50 45 25 - |
| Conexión Hilo flexible sin terminal | Mediante fusibles gG, BS o mediante disyuntor GB2 | A | 5 |
| | 1 ó 2 conductores | mm ² | Sección mínima: 1/Sección máxima: 2,5 |
| | Par de apriete | N.m | 1,2 |

(1) Para funcionamiento a 70 °C, consultarlos.

Componentes de protección TeSys

Relés electrónicos tripolares de protección térmica modelo LR9-D

Referencias:
páginas 3/12 y 3/13
Dimensiones:
páginas 3/16 a 3/18
Esquemas:
página 3/19

Características

Características eléctricas del circuito de potencia

| | | | |
|--|-----------------------------|-----|---|
| Tipo de relé | | | LR9-D |
| Clase de disparo | Según UL 508, IEC 947-4-1 | A | 10 A o 20 |
| Tensión asignada de aislamiento (Ui) | Según IEC 947-4-1 | V | 1000 |
| | Según UL, CSA | V | 600 |
| Tensión asignada de resistencia a los choques (Uimp) | | kV | 8 |
| Límites de frecuencia | De la corriente de empleo | Hz | 50...60. Para otras frecuencias, consultarnos (1) |
| Rango de reglaje | Según modelo | A | 60...150 |
| Conexión potencia | Anchura de zona de conexión | mm | 20 |
| | Tomillo de apriete | | M8 |
| | Par de apriete | N.m | 18 |

3

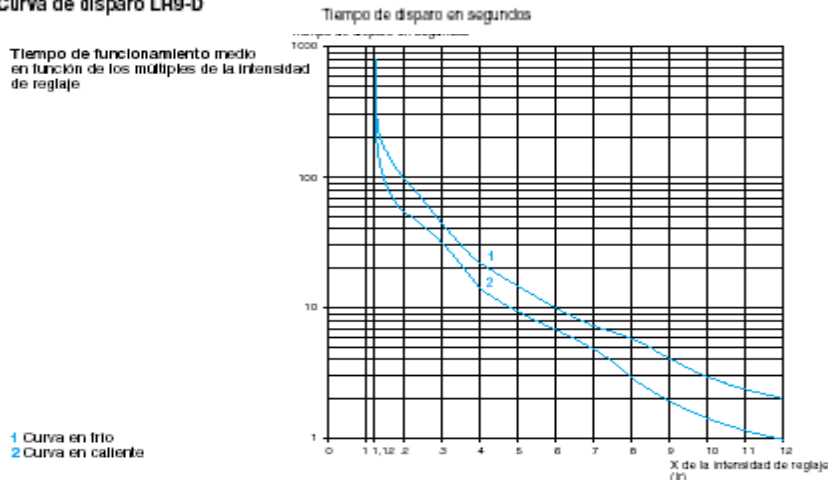
Características de funcionamiento

| | | | |
|--------------------------------------|-------------------|---------|---|
| Compensación en temperatura | | °C | -20...+70 |
| Umbral de disparo | Según IEC 947-4-1 | Alarma | $1,05 \pm 0,06 I_n$ |
| | | Disparo | $1,12 \pm 0,06 I_n$ |
| Sensibilidad a los defectos de fases | Según IEC 947-4-1 | | Disparo en $4 s \pm 20\%$ en caso de ausencia de fase |

Características del circuito de alarma

| | | | |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| Tensión asignada de alimentación | Corriente continua | V | 24 |
| Límites de tensión de alimentación | | V | 17...32 |
| Corriente consumida | En vacío | mA | ≤ 5 |
| Corriente conmutada | | mA | 0...150 |
| Protección | Cortocircuito y sobrecarga | | Autoprotegido |
| Caida de tensión | En el estado cerrado | V | $\leq 2,5$ |
| Conexión | Hilo flexible sin terminal | mm ² | 0,5...1,5 |
| Par de apriete | | N.m | 0,45 |

Curva de disparo LR9-D



(1) Para utilizar estos relés con arrancadores progresivos o variadores de velocidad, consultarnos.

Componentes de protección TeSys

Relés tripolares de protección térmica modelo d

Referencias

Características:
páginas 3/8 a 3/11
Dimensiones:
páginas 3/16 a 3/18
Esquemas:
página 3/19

Relés de protección térmica diferenciales para asociar a fusibles

- Relés compensados, con rearme manual o automático,
- con visualización del disparo,
- para corriente alterna o continua.



LRD-08



LRD-21



LRD-33



LRD-083

| Zona de reglaje del relé | Fusibles para asociar al relé elegido | | | Para asociación con contactor LC1- | Referencia | Peso |
|--------------------------|---------------------------------------|----|------|------------------------------------|------------|------|
| | gM | gG | BS88 | | | kg |
| A | A | A | A | | | |

Clase 10 A (1) con conexión mediante tornillos de estribo

| | | | | | | |
|-------------|------|-----|-----|-------------|-----------|-------|
| 0,10...0,16 | 0,25 | 2 | - | D09...D38 | LRD-01 | 0,124 |
| 0,16...0,25 | 0,5 | 2 | - | D09...D38 | LRD-02 | 0,124 |
| 0,25...0,40 | 1 | 2 | - | D09...D38 | LRD-03 | 0,124 |
| 0,40...0,63 | 1 | 2 | - | D09...D38 | LRD-04 | 0,124 |
| 0,63...1 | 2 | 4 | - | D09...D38 | LRD-05 | 0,124 |
| 1...1,7 | 2 | 4 | 6 | D09...D38 | LRD-06 | 0,124 |
| 1,8...2,5 | 4 | 6 | 10 | D09...D38 | LRD-07 | 0,124 |
| 2,5...4 | 6 | 10 | 16 | D09...D38 | LRD-08 | 0,124 |
| 4...6 | 8 | 16 | 16 | D09...D38 | LRD-10 | 0,124 |
| 5,5...8 | 12 | 20 | 20 | D09...D38 | LRD-12 | 0,124 |
| 7...10 | 12 | 20 | 20 | D09...D38 | LRD-14 | 0,124 |
| 9...13 | 16 | 25 | 25 | D12...D38 | LRD-16 | 0,124 |
| 12...18 | 20 | 35 | 32 | D18...D38 | LRD-21 | 0,124 |
| 16...24 | 25 | 50 | 50 | D25...D38 | LRD-22 | 0,124 |
| 23...32 | 40 | 63 | 63 | D25...D38 | LRD-32 | 0,124 |
| 30...38 | 50 | 80 | 80 | D32 y D38 | LRD-35 | 0,124 |
| 17...25 | 25 | 50 | 50 | D40...D95 | LRD-3322 | 0,510 |
| 23...32 | 40 | 63 | 63 | D40...D95 | LRD-3353 | 0,510 |
| 30...40 | 40 | 100 | 80 | D40...D95 | LRD-3355 | 0,510 |
| 37...50 | 63 | 100 | 100 | D40...D95 | LRD-3357 | 0,510 |
| 48...65 | 63 | 100 | 100 | D50...D95 | LRD-3359 | 0,510 |
| 55...70 | 80 | 125 | 125 | D60...D95 | LRD-3361 | 0,510 |
| 63...80 | 80 | 125 | 125 | D65 y D95 | LRD-3363 | 0,510 |
| 80...104 | 100 | 160 | 160 | D80 y D95 | LRD-3365 | 0,510 |
| 80...104 | 125 | 200 | 160 | D115 y D150 | LRD-4365 | 0,900 |
| 95...120 | 125 | 200 | 200 | D115 y D150 | LRD-4367 | 0,900 |
| 110...140 | 160 | 250 | 200 | D150 | LRD-4369 | 0,900 |
| 80...104 | 100 | 160 | 160 | (2) | LRD-33656 | 1,000 |
| 95...120 | 125 | 200 | 200 | (2) | LRD-33676 | 1,000 |
| 110...140 | 160 | 250 | 200 | (2) | LRD-33696 | 1,000 |

Clase 10 A (1) con conexión mediante bornas de resorte (montaje directo bajo contactor)

| | | | | | | |
|-------------|------|----|----|-----------|---------|-------|
| 0,10...0,16 | 0,25 | 2 | - | D09...D38 | LRD-013 | 0,140 |
| 0,16...0,25 | 0,5 | 2 | - | D09...D38 | LRD-023 | 0,140 |
| 0,25...0,40 | 1 | 2 | - | D09...D38 | LRD-033 | 0,140 |
| 0,40...0,63 | 1 | 2 | - | D09...D38 | LRD-043 | 0,140 |
| 0,63...1 | 2 | 4 | - | D09...D38 | LRD-053 | 0,140 |
| 1...1,6 | 2 | 4 | 6 | D09...D38 | LRD-063 | 0,140 |
| 1,8...2,5 | 4 | 6 | 10 | D09...D38 | LRD-073 | 0,140 |
| 2,5...4 | 6 | 10 | 16 | D09...D38 | LRD-083 | 0,140 |
| 4...6 | 8 | 16 | 16 | D09...D38 | LRD-103 | 0,140 |
| 5,5...8 | 12 | 20 | 20 | D09...D38 | LRD-123 | 0,140 |
| 7...10 | 12 | 20 | 20 | D09...D38 | LRD-143 | 0,140 |
| 9...13 | 16 | 25 | 25 | D12...D38 | LRD-163 | 0,140 |
| 12...18 | 20 | 35 | 32 | D18...D38 | LRD-213 | 0,140 |
| 16...24 | 25 | 50 | 50 | D25...D38 | LRD-223 | 0,140 |

Clase 10 A (1) con conexión mediante terminales cerrados

Elegir la referencia del relé en la tabla con tornillos de estribo y añadir la cifra 6 al final de la referencia. Ejemplo: LRD-01 se convierte en LRD-016.

Relés de protección térmica para redes no equilibradas

Clase 10 A (1) con conexión mediante tornillos de estribo

En la referencia elegida más arriba, sustituir LRD (salvo LRD-4365) por LR3-D. Ejemplo: LRD-01 se convierte en LR3-D01.

Relés de protección térmica para redes 1000 V

Clase 10 A (1) con conexión mediante tornillos de estribo

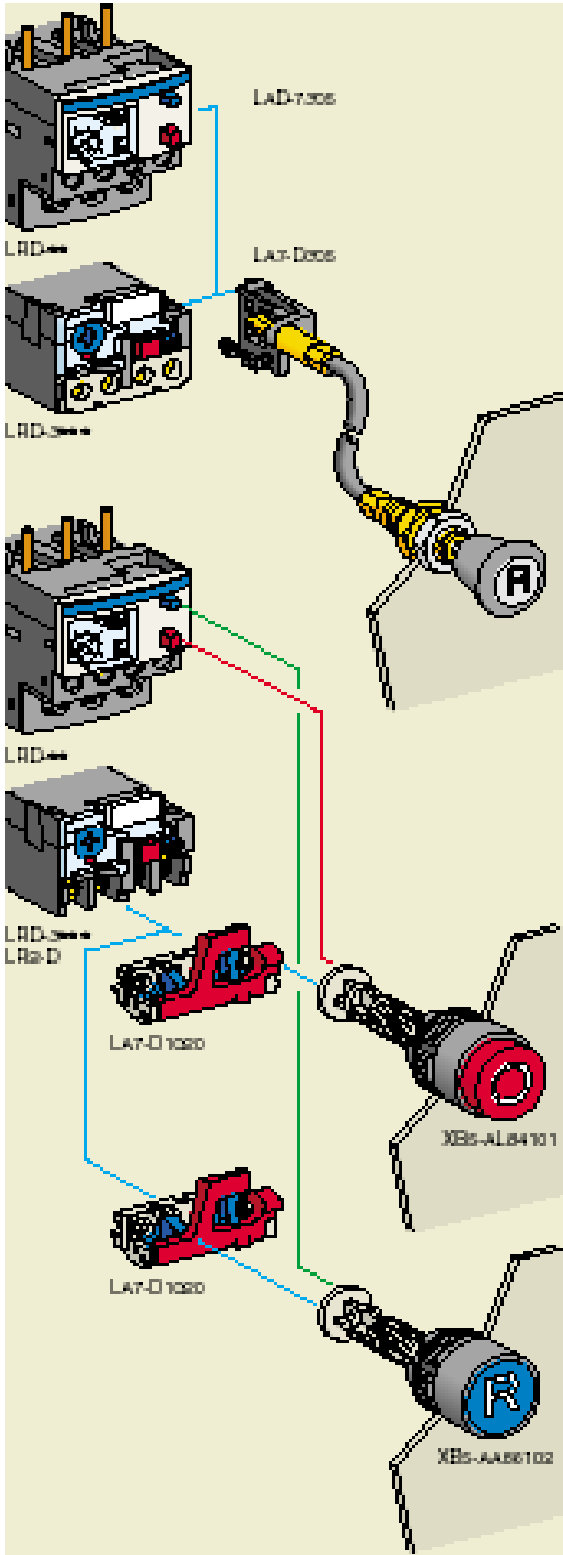
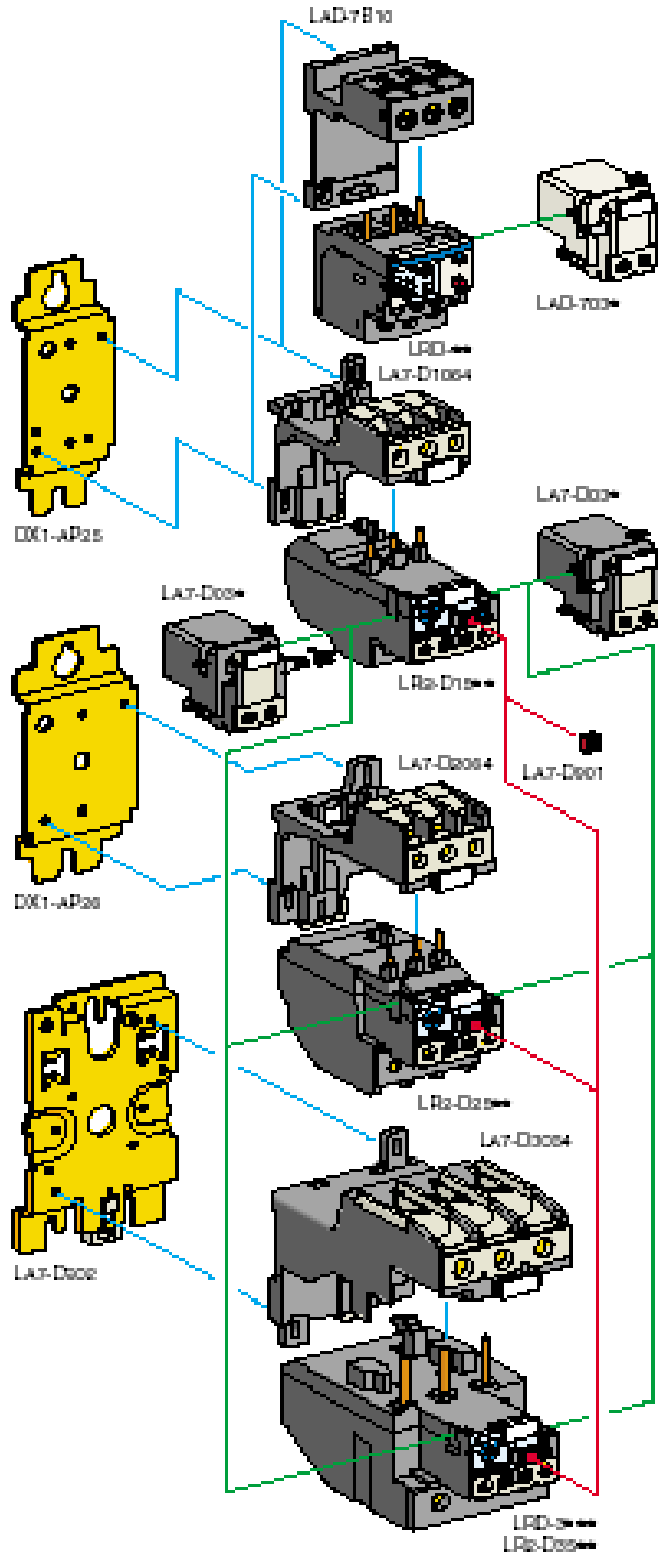
Para los relés LRD-01 a LRD-35 únicamente y para una tensión de utilización de 1.000 V y únicamente en montaje separado, la referencia se convierte en LRD-3365A66. Ejemplo: LRD-12 se convierte en LRD-3312A66. Pedir por separado un bornero LA7-D3064, ver la página 3/15.

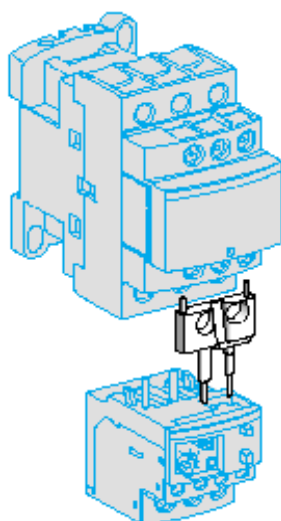
(1) La norma IEC 947-4-1 define la duración del disparo a 7,2 veces la intensidad de reglaje I_n .

clase 10 A: Incluida entre 2 y 10 segundos.

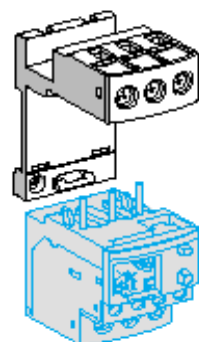
(2) Montaje separado del contactor.

3





LAD-7C



LAD-7B10

Accesorios (suministro por separado)

| Designación | Utilización para | V. por cant. indiv. | Referencia unitaria | Peso kg |
|--|--|---------------------|---------------------|---------|
| Kit de precableado que permite la conexión directa del contacto NC del relé LRD-01...35 o LR3-D01...D35 sobre el contactor | LC1-D09...D18 | 10 | LAD-7C1 | 0,002 |
| | LC1-D25...D38 | 10 | LAD-7C2 | 0,003 |
| Borneros (1) para enganchar sobre perfil de 35 mm (AM1-DP200) o para fijación mediante tornillos entreteje ver páginas 3/16 a 3/18 | LRD-01...35 y LR3-D01...D35 | 1 | LAD-7B10 | 0,100 |
| | LR2-D15 | 1 | LA7-D1064 | 0,100 |
| | LR2-D25 | 1 | LA7-D2064 | 0,120 |
| | LRD-3, LR3-D3, LR2-D35 | 1 | LA7-D3064 (2) | 0,370 |
| Bornero reductor para montaje de un relé bajo un contactor LC1-D115 o D150 | LRD-3, LR3-D3, LRD-35 | 1 | LA7-D3058 | 0,080 |
| Placas de fijación (3) para fijación mediante tornillos a 110 mm de entreteje | LRD-01...35, LR3-D01...D35, LR2-D15 | 10 | DX1-AP25 | 0,065 |
| | LR2-D25 | 10 | DX1-AP26 | 0,082 |
| | LRD-3, LR3-D3, LR2-D35 | 1 | LA7-D902 | 0,130 |
| | | | | |
| Soporte de referenciado enchanchable | Todos los relés salvo LRD-01...35 y LR3-D01...D35 (4) | 100 | LA7-D903 | 0,001 |
| Bolsa de 400 etiquetas vírgenes autoadhesivas 7 x 16 mm | - | 1 | LA9-D91 | 0,001 |
| Dispositivo de enclavamiento del pulsador "Parada" | Todos los relés salvo LRD-01...35, LR3-D01...D35 y LR3-D | 10 | LA7-D901 | 0,005 |
| Paro o rearme eléctrico a distancia (5) | LRD-01...35 y LR3-D01...D35 | 1 | LAD-703 (6) | 0,090 |
| Disparo o rearme eléctrico a distancia (5) | Todos los relés salvo LRD-01...35 y LR3-D01...D35 | 1 | LA7-D03 (6) | 0,090 |
| Bloque de bornas aisladas | LR9-D | 2 | LA9-F103 | 0,560 |
| Mandos a distancia | | | | |
| Función "Rearme" | | | | |
| Mediante cable flexible (longitud = 0,5 m) | LRD-01...35 y LR3-D01...D35 | 1 | LAD-7305 | 0,075 |
| | Todos los relés salvo LRD-01...35 y LR3-D01...D35 | 1 | LA7-D305 | 0,075 |
| Función "Parada" y/o "Rearme" | | | | |

Es preciso retirar la tapa de protección de las bornas y pedir los 3 productos siguientes

| | | | | |
|-----------------------------------|---|---|-------------|-------|
| Adaptador para mando sobre puerta | Todos los relés salvo LRD-01...35 y LR3-D01...D35 | 1 | LA7-D1020 | 0,005 |
| Cabeza para pulsador a impulso | Parada Todos los relés | 1 | XB5-AL84101 | 0,027 |
| | Rearme Todos los relés | 1 | XB5-AA86102 | 0,027 |

(1) Los borneros se suministran con bornas protegidas contra los contactos directos y tornillos alojados.
(2) Para un bornero con conexión mediante terminales cerrados, la referencia se convierte en LA7-D30646.
(3) No olvidar pedir el bornero correspondiente al tipo de relé.
(4) Para LRD-01...35, ver la página 1/59.
(5) El tiempo de puesta bajo tensión de la bobina para el disparo y el rearme eléctrico a distancia LA7-D03 o LAD-703, se establece en función de su tiempo de reposo: impulso de 1 s con un tiempo de reposo de 9 s; impulso de 5 s con un tiempo de reposo de 30 s; impulso de 10 s con un tiempo de reposo de 90 s; impulso máximo de 20 s con un tiempo de reposo de 300 s. Impulso mínimo: 200 ms.
(6) Referencia para completar con el código de la tensión del circuito de mando.
Tensiones del circuito de control existentes (plazo de entrega variable, consultarnos)

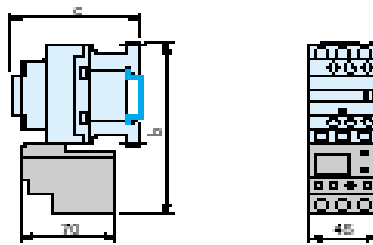
| Voltios | 12 | 24 | 48 | 96 | 110 | 220/230 | 380/400 | 415/440 |
|---|----|----|----|----|-----|---------|---------|---------|
| 50/60 Hz | - | B | E | - | F | M | O | N |
| Consumo a la llamada y al mantenimiento: < 100 VA | | | | | | | | |
| Consumo a la llamada y al mantenimiento: < 100 W. | J | B | E | DD | F | M | - | - |

Relés de protección térmica modelo d

Dimensiones

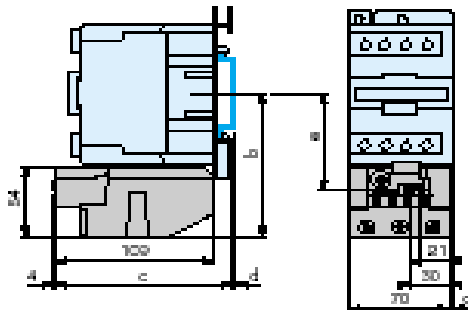
Características:
páginas 2/8 a 2/11
Referencias:
páginas 2/12 y 2/13
Esquemas:
página 2/19

LRC-D1 a D5
Montaje directo bajo contactores con tornillos de ajuste

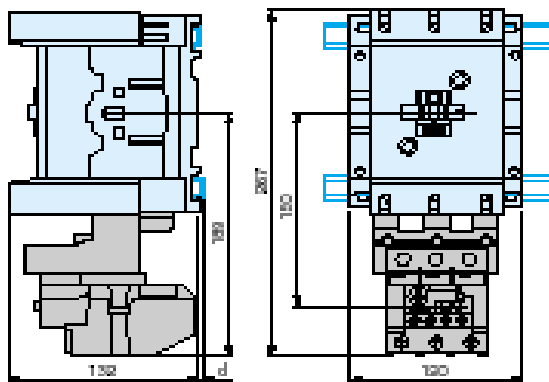


| | | |
|------|-------------------------|-----------|
| LC1- | D05 a D10 | D25 a D30 |
| b | 123 | 137 |
| c | ver páginas 1/50 y 1/51 | |

LRC-D600
Montaje directo bajo contactores.
LC1-D40 a D65 y LP1-D40 a D60

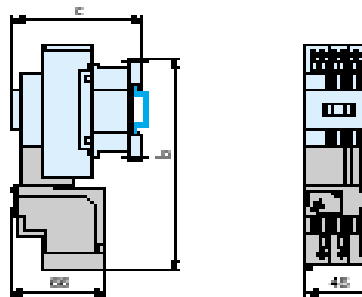


LRC-D115 y D150
Montaje directo bajo contactores.
LC1-D115 y D150



| | |
|-------------------|--------------------------------|
| AM1-DL300 y DR200 | AM1-DE300 y ED ^{mini} |
| b | 235 |
| c | 103 |

LRC-D10 a D50
Montaje directo bajo contactores con bornas de resorte



| | |
|------|-------------------------|
| LC1- | D025 a D050 |
| b | 138 |
| c | ver páginas 1/50 y 1/51 |

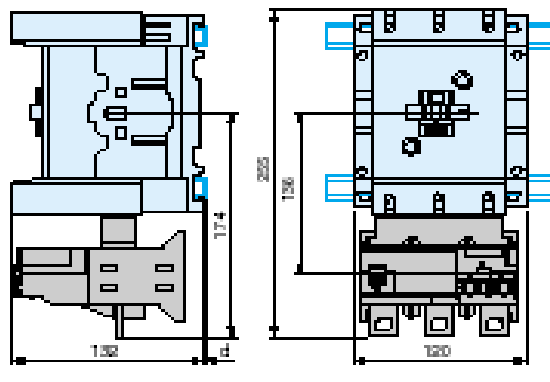
| | | |
|------|-------|-------|
| AM1- | DL201 | DL200 |
| b | 7 | 17 |

b c e g (12) g (frente)

| Circuito de control de corriente alterna | | | | | |
|--|-------|-----|------|-----|----|
| LC1-D40 | 111 | 119 | 73,4 | 4,5 | 13 |
| LC1-D50 | 111 | 119 | 73,4 | 4,5 | - |
| LC1-D65 | 111 | 119 | 73,4 | 4,5 | 13 |
| LC1-D80 | 115,5 | 124 | 70,9 | 9,5 | 22 |
| LC1-D95 | 115,5 | 124 | 70,9 | 9,5 | - |

| Circuito de control de corriente continua | | | | | |
|---|-------|-------|------|-----|----|
| LC1-D40, LP1-D40 | 111 | 178 | 73,4 | 4,5 | 13 |
| LC1-D50 | 111 | 178 | 73,4 | 4,5 | - |
| LC1-D65, LP1-D65 | 111 | 178 | 73,4 | 4,5 | 13 |
| LC1-D80, D95, LP1-D80 | 115,5 | 179,4 | 70,9 | 9,5 | 22 |

LRS-D
Montaje directo bajo contactores.
LC1-D115 y D150



| | |
|-------------------|--------------------------------|
| AM1-DR200 y DR200 | AM1-DE200 y ED ^{mini} |
| b | 235 |
| c | 103 |

Componentes de protección TeSys

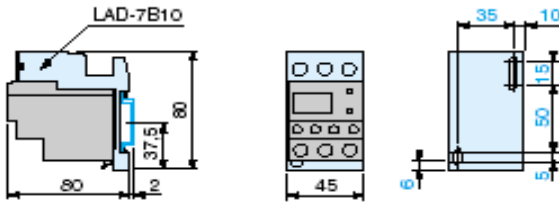
Relés de protección térmica modelo d

Montaje

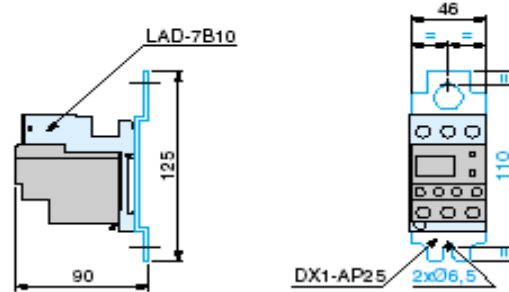
Características:
 páginas 3/8 a 3/11
 Referencias:
 páginas 3/12 y 3/13
 Esquemas:
 página 3/19

LRD-01 a 35

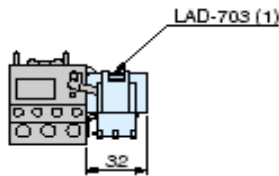
Montaje separado a 50 mm del entrejeje
 o sobre perfil AM1-DP200 o DE200



Montaje separado a 110 mm del entrejeje



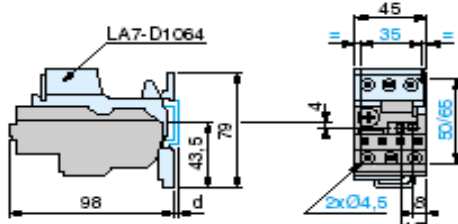
Disparo o rearme eléctrico a distancia



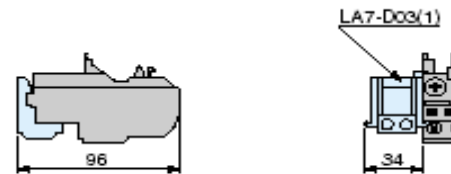
(1) Montaje únicamente a la derecha del relé LRD-01 a 35

LR2-D15

Montaje separado a 50 mm del entrejeje
 o sobre perfil AM1-DP200 o DE200



Disparo o rearme eléctrico a distancia

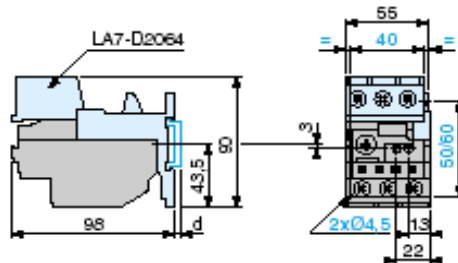


| | AM1-DP200 | AM1-DE200 |
|---|-----------|-----------|
| d | 2 | 9,5 |

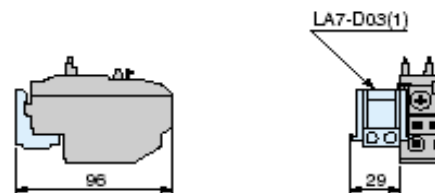
(1) Posibilidad de montaje a derecha o izquierda del relé LR2-D15

LR2-D25

Montaje separado a 50 mm del entrejeje
 o sobre perfil AM1-DP200 o DE200



Disparo o rearme eléctrico a distancia



| | AM1-DP200 | AM1-DE200 |
|---|-----------|-----------|
| d | 2 | 9,5 |

(1) Posibilidad de montaje a derecha o izquierda del relé LR2-D25

Componentes de protección TeSys

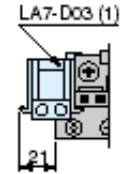
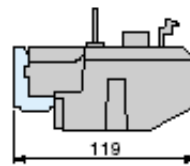
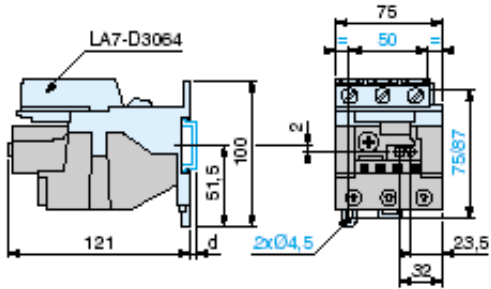
Relés de protección térmica modelo d

Montaje (continuación)

Características:
páginas 3/8 a 3/11
Referencias:
páginas 3/12 y 3/13

LRD-3... y LR2-D35...
Montaje separado a 50 mm del entreje
o sobre perfil AM1-DP200 o DE200

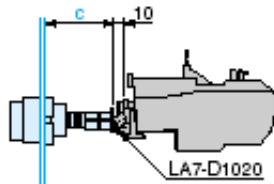
LRD-3..., LR2-D35... y LR9-D
Disparo o rearme eléctrico a distancia



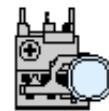
(1) Posibilidad de montaje a derecha o izquierda del
LRD-3..., LR2-D35... o LR9-D

| | AM1-DP200 | AM1-DE200 |
|---|-----------|-----------|
| d | 2 | 9,5 |

LR2-D y LRD-3...
Adaptador para mando sobre puerta
LA7-D1020



Parada



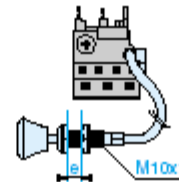
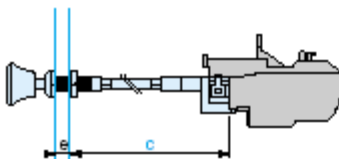
Rearme



c: ajustable de 17 a 120 mm

LRD, LR2-D y LR9-D
"Rearme" por cable flexible
LA7-D305 y LAD-7305
Montaje con cable tendido

Montaje con cable en curva



c: hasta 550 mm
e: hasta 20 mm

e: hasta 20 mm

Sangolquí, Noviembre del 2008

ELABORADO POR:

Sr. José Sampietro

AUTORIDADES:

Ing. Víctor Proaño
Director de Carrera de Ingeniería
Electrónica en Automatización y Control